

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Liberec 2011

Nela Innertová

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

Katedra oděvnictví

TECHNOLOGIE A ŘÍZENÍ ODĚVNÍ VÝROBY

UŽITNÉ VLASTNOSTI NEOPRENOVÉHO OBLEKU
THE UTILITY PROPERTIES OF NEOPRENE SUIT

Nela Innertová

KOD/2012/01/13/BS

Vedoucí práce: **Ing. Renáta Němčoková**

Rozsah práce a příloh:

Počet stran: 51

Počet obrázků: 17

Počet tabulek: 6

Počet grafů: 8

Počet příloh: 3

P r o h l á š e n í

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce.

V Liberci 19.12.2011

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala Ing. Renátě Němčokové za vedení bakalářské práce a také za její podporu, trpělivost, rady a diskuze při vypracování této práce.

Ladislavu Maxovi ze společnosti Grouper děkuji za praktické rady o výrobě neoprenů. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Janě Grabmüllerové za pomoc při vypracování snímků na optickém rastrovacím mikroskopu. Ing. Rudolfu Třešňákovi za asistenci při řešení laboratorních zkoušek. Děkuji paní Haně Rulcové za pomoc při zhotovování zkušebních vzorků.

Rovněž patří můj dík rodině za podporu při studiu a tvorbu potřebného zázemí.

Abstrakt

Předmětem bakalářské práce „Užitné vlastnosti neoprenového obleku“ je prozkoumání konkrétních užitných vlastností, které přímo souvisí s běžným užíváním potápěčského oblečení.

Ke zjišťování užitných vlastností byly použity vzorky neoprenu ve třech variacích, které se lišily tloušťkou materiálu a způsobem povrchové úpravy neoprenu. První vzorek měl tloušťku 1,5 mm, druhý 3 mm a třetí 2 mm. V experimentální části práce byly na vzorcích provedeny mechanické testy. Oděr na přístroji Martindale a pevnost, tažnost spoje na přístroji Testometric.

Klíčová slova

chemopren, kašírování, Martindale, neopren, neoprenový oblek, oděr, Strip, tahová zkouška, Testometric, zkušební vzorek

Abstract

The thesis „Utility properties of neoprene“ examines the specific properties which are related with normal use of diving wear.

Neoprene samples were used in three variations. Variations with different material thickness and lamination method. The first sample had a thickness of 1.5 mm, the second sample had a thickness of 3 mm and the third sample had a thickness of 2 mm. Mechanical tests were made on sample neoprene material in the experimental part. The abrasion was tested on the device Martindale. The strength and the elongation of neoprene joints was tested on the Testometric testing machine.

Keywords

attrition, chemopren, laminating, Martindale, neoprene, neoprene suit, sample test, Strip, tensile test

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů	6
1 Úvod	8
2 Materiálové složení a výroba neoprenu	9
2.1 Všeobecný popis	9
2.2 Zařazení neoprenu	10
2.3 Chemická struktura neoprenu	11
2.4 Výroba neoprenu	11
2.5 Spojování neoprenového obleku	14
2.6 Neoprenový oblek	15
2.7 Typy potápěčských obleků	15
2.7.1 Mokrý oblek	15
2.7.2 Suchý oblek	16
2.7.3 Polosuchý oblek	17
2.7.4 Freedivingový oblek	18
2.7.5 Obleky pro ostatní sporty	19
3 Analýza užitečných vlastností neoprenu z pohledu výrobce neoprenových obleků	20
3.1 Užité vlastnosti se dle významnosti řadí do tří stupňů	20
3.2 Vlastnosti tvaru	21
3.2.1 Tloušťka a stlačitelnost	21
3.3 Fyziologické vlastnosti	22
3.3.1 Chlad	22
3.4 Vlastnosti povrchu plošných textilií	23
3.4.1 Oděr	23
3.5 Mechanické vlastnosti plošných textilií	23
3.5.1 Pevnost v tahu a tažnost	23
3.5.2 Pevnost v dalším trhání	24
3.5.3 Pevnost ve vytržení	24
3.5.4 Pevnost švů a posun nití ve švu	24
3.5.5 Zjišťování posuvu nití ve švu	25
3.5.6 Pevnost ve lpění vrstev	25
3.5.7 Pevnost v protržení	25

3.5.8	Vrásnění švů	25
3.6	Omak	26
3.7	Shrnutí užitečných vlastností neoprenu	26
3.8	Rozdělení neoprenových materiálů	27
3.9	Vlastnosti neoprenových materiálů	28
4	Experimentální část	29
4.1	Charakteristika zkoušených materiálů	29
4.2	Zjišťování odolnosti neoprenového materiálu v oděru	30
4.2.1	Podstata zkoušky	30
4.2.2	Zkušební přístroj	30
4.2.3	Příprava a upnutí vzorků	31
4.2.4	Průběh zkoušky	32
4.2.5	Tabulky výsledků a výpočtů	34
4.2.6	Shrnutí zkoušky oděrem	40
4.3	Zkoušení tahových vlastností švů neoprenů	41
4.3.1	Princip zkoušky	41
4.3.2	Zkušební přístroj	41
4.3.3	Příprava zkušebních vzorků	42
4.3.4	Postup zkoušky	43
4.3.5	Průběh zkoušky	44
4.3.6	Výsledky tahové zkoušky	44
4.3.7	Shrnutí zkoušky tahem	48
5	Vyhodnocení laboratorních zkoušek testovaných materiálů	49
	Použitá literatura a zdroje	50
	Seznam tabulek a grafů	53
	Seznam obrázků	54
	Seznam příloh	54
	Příloha 1	55
	Příloha 2	58
	Příloha 3	63

Seznam použitých zkratek a symbolů

\pm	plus, mínus
%	jednotka procenta
$^{\circ}\text{C}$	jednotka teploty (t), vyjadřuje stupeň Celsia
angl.	anglický, angličtina
CR	zkratka pro chloropren nebo chloroprenový kaučuk
EPDM	druh pryže, z angl. „ethylene propylene diene monomer“
event.	eventuelně
F_1, F_2, F_i	označení síly, jednotka síly je N – newton
g	jednotka hmotnosti (m), gram
HS	druh neoprenu, z angl. „high cell density, particularly resistant to pressure“ – vysoká hustota buněk, odolné proti tlaku
HHS	druh neoprenu, z angl. „very dense cell structure, low flexibility“ – hustá struktura, nízká flexibilita
kg	základní jednotka hmotnosti, kilogram
kg.m^{-2}	jednotka plošné hmotnosti, kilogram na metr čtvereční
kg.m^{-3}	jednotka hustoty, kilogram na metr krychlový
kPa	jednotka tlaku, kilopascal
LS	druh neoprenu, z angl. „particularly soft and extendible“ – měkké a rozšířené
m_1, m_2	označení hmotnosti
m	základní jednotka délky, metr
mm	jednotka délky, milimetr
mm.min^{-1}	jednotka rychlosti, milimetr za minutu

n	označení otáček, jednotka otáček je ot.min^{-1}
N	jednotka síly, Newton
např.	například
NBR	druh pryže, z angl. „nitril butadien rubber“
N.mm^{-2}	Newton na milimetr čtvereční
NF	druh neoprenu, z angl. „non flammable“ - nehořlavý
ot.	otáčky
pozn.	poznámka
PU pěna	polyuretanová pěna
resp.	respektive
S	druh neoprenu, z angl. „good extendibility, but strong“ – rozšířený, ale silný
SBR	druh pryže, z angl. „styrene butadiene rubber“
U	váhový úbytek, vyjadřuje se v procentech
UV	ultrafialové záření s vlnovou délkou kratší než má viditelné světlo
W	druh neoprenu, z angl. „white“ – bílá barva

1 Úvod

Neoprenové materiály jsou stále více využívány a zdokonalovány, především v oblasti vodních sportů. Slouží k ochraně před vnějšími podmínkami a prochladnutím, které bývá způsobeno nižší teplotou vody než těla.

Prochladnutí může vést k vysokým horečkám, šoku a v extrémních případech až ke smrti člověka. Proto je důležité, zvláště při hloubkových ponorech, aby neoprenový oblek nepropouštěl nadměrné množství vody a zůstal nepoškozený po celou dobu své životnosti. Ta by měla být, vzhledem k vysoké ceně vybavení, co nejdelší.

Největším problémem při užívání neoprenového oblečení je jeho odolnost. Na obleku nejčastěji degradují švy, někdy nevydrží dlouhodobé užívání ani samotný materiál.

Cílem práce bylo zjistit míru odolnosti neoprenových materiálů a spojů při běžném užívání. Na třech různých variantách neoprenového materiálu byly provedeny dvě mechanické zkoušky. Zkouška oděrem na přístroji Martindale a zkouška pevnosti spoje na trhačím přístroji Testometric.

Výsledky práce mohou být používány výrobci a prodejci neoprenů např. pro porovnání kvality materiálu a spojů při výrobě a prodeji neoprenových obleků.

2 Materiálové složení a výroba neoprenu

V této kapitole jsou objasněny typické vlastnosti neoprenového materiálu a jeho chemická struktura. Následuje výroba materiálu ze suroviny až po materiál vhodný k šití obleku. V závěru kapitoly jsou rozděleny jednotlivé druhy neoprenových obleků.

2.1 Všeobecný popis

Neopren byl vynalezen a pojmenován společností Du Pont a vyrábí se od roku 1935. [1]

Neopren (v češtině též „neoprén“) je jemná syntetická pryž, která je určena pro ochranné obleky vodních sportů. Pěnový neopren má výbornou izolační schopnost, která je dána plynem obsaženým v bublinkách. V dnešní době jsou kvalitní neopreny odolné proti odření, protržení, UV záření a olejům. Materiál je pružný a má poměrně dlouhou životnost. Silný neopren lépe izoluje, ale omezuje pohyblivost potápěče. Proto se tloušťka materiálu volí podle činnosti potápěče tak, aby mu nebránil v pohybu pod vodou. Neopren může být kaširovaný jednostranně nebo oboustranně. Kaširování je textilní potah po obou stranách. [2]

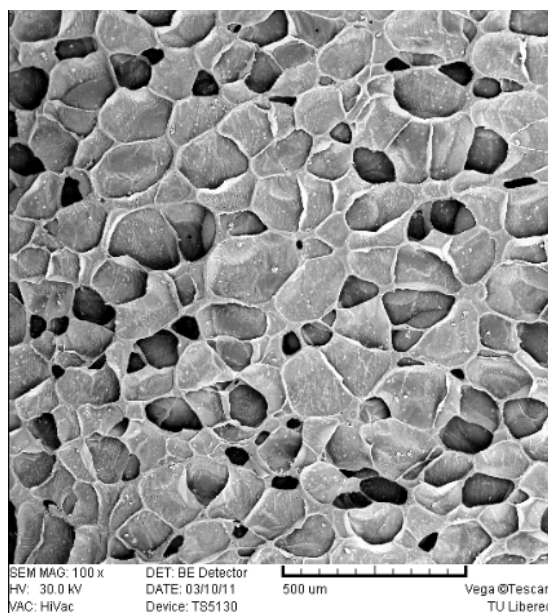
Neopren je obchodní označení syntetické, chlorbutadienové pryže. Odborné označení materiálu je chlorbutadienový, polychloroprenový či jen chloroprenový kaučuk (vyrábí se polymerizací z chloroprenu – systematicky 2-chlor-1,3-butadien –, což je kapalina připravující se adicí chlorovodíku na vinylacetylen, chemický vzorec chloroprenu: $\text{CH}_2 = \text{CCl}-\text{CH} = \text{CH}_2$). [3,10]

Na obrázku 1 je zřetelné, že chloroprenová matrice tvoří jen malou část průřezu pěnového neoprenu. Bublinky plynu tvoří mnohostěny a navzájem jsou odděleny jen tenkou membránou. Izolační schopnosti pěnového neoprenu jsou dány převážně plynem obsaženým v bublinkách. U běžného neoprenu není v bublinkách vzduch, ani dusík, ale směs plynů vzniklá reakcí při vulkanizaci. Podle výrobce obsahuje vysoké procento vodíku, přesné složení ale není známé. Existuje i speciální dusíkem pěněný neopren, ten se ale pro výrobu běžného sportovního zboží nepoužívá.

2.2 Zařazení neoprenu

Neopren je zařazen do skupiny pryží. Mezi základní pryže jsou vedle neoprenu řazeny SBR pryže (z angl. „styrene butadiene rubber“). Jsou určeny pro všeobecné použití všude tam, kde nejsou na materiál kladeny zvýšené nároky na např. tepelnou a chemickou odolnost, stárnutí nebo bobtnavost. Do skupiny základních pryží dále patří NBR (z angl. „nitril butadien rubber“). Je to olejivzdorný materiál, který dobře odolává i minerálním a živočišným olejům. Hlavní využití NBR pryže se nachází ve výrobě těsnění a při běžném použití v průmyslu. Další pryží je EPDM pryž (z angl. „ethylene propylene diene monomer“). Oproti předchozím odolává mnoha chemikáliím, má ale nízkou odolnost vůči ropným látkám. Dalšími pryžemi ve skupině jsou Butyl a Viton a používají se pro speciální použití. [5]

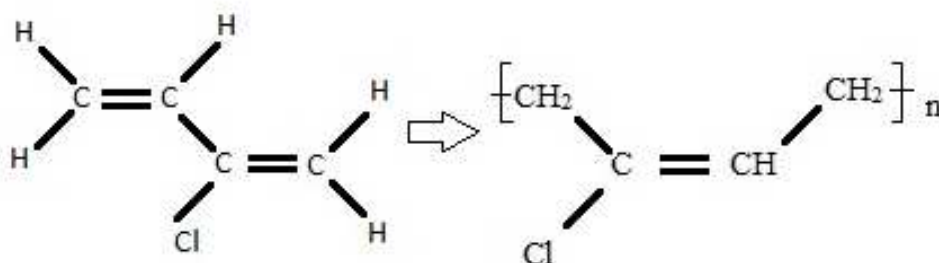
Polychloroprenový kaučuk (neopren) má dobré fyzikálně mechanické vlastnosti a je vhodný pro použití zejména do míst, kde mohou působit v různých kombinacích vlivy, které standardní pryže NBR a SBR poškozují. Pryž ze směsi CR (neopren) odolává tukům a olejům, kyselinám a zásadám, stárnutí i atmosférickým vlivům. [6]



Obrázek 1: Řez neoprenem, stonásobně zvětšený pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu VEGA-TESCAN, viz příloha 1, obrázek 12.

2.3 Chemická struktura neoprenu

Neopren (polychloropren), vzniká polymerizační reakcí chloroprenu, jak si lze všimnout na obrázku 2. Výsledkem polymerizace je polymer s elastickými vlastnostmi. V chloroprenové pěně se ta vytvoří uzavřené póry, které zabezpečují příjemné uživatelské vlastnosti. Základem chemické struktury neoprenu je tedy polymer. [7]



Obrázek 2: Polymerizační reakce chloroprenu. Vlevo je chloropren a z něj vpravo vzniká polychloropren. [7]

Pozn.: Polymer je chemická sloučenina tvořena mnoha molekulami, které jsou propojené tak, že tvoří dlouhý řetězec. Též bývá nazýván makromolekulou. Struktura makromolekuly a způsob, jakým se různé atomy uvnitř této struktury kombinují, je tím, co vytváří mechanické a izolační vlastnosti materiálu. [7]

2.4 Výroba neoprenu

Vstupní surovinou do výroby je syntetický kaučuk. Je to polychloropren, který vznikl polymerizací chloroprenu, jak je vysvětleno výše. Přepravuje se v pytlích a má podobu malých, tvrdých hrudek, lze vidět na obrázku 3 vlevo. Další složky přidávané při výrobě modifikují mechanické vlastnosti výsledné matrice a zajišťují vypěnění při vulkanizaci. Jsou to plniva, antioxidanty a vulkanizační činidla. [3]

Je nutné dokonalé promísení všech složek gumárenské směsi. Toto promísení probíhá ve třech stupních. Míchací přístroj tuhou a houževnatou směs ohřívá. Všechny stroje musí být dobře chlazeny, v opačném případě může dojít k předčasné vulkanizaci. Mezi jednotlivými stupni mísení se vzniklá hmota nechává delší dobu odležet v podobě

bochníků. Nakonec je hmota za působení tlaku protlačena přes dva velké válce. Proces míchání jedné dávky trvá tři dny, pak se míchárna, která je v samostatné hale, odstaví. Gumárenská směs opouští míchárenu jako kusy vyváleného světle šedého těsta, viz obrázek 3 vpravo. [3]



Obrázek 3: Syntetický kaučuk (vlevo), gumárenská směs (vpravo).

Před dalším zpracováním se gumárenská směs znovu rozdrtí. Drtící stroj pracuje na principu mlýnku na maso, skládá se ze dvou válců, z nichž každý je opatřen šroubovicí. Šroubovice zpracovává hmotu a podává ji směrem k výstupu. Zde je směs protlačována skrz sadu sít. Nejprve směs prochází většími otvory, které se postupně zmenšují, nakonec dochází k průchodu přes jemnou síť. V této fázi vzniká z pevné, šedé hmoty černá vazká kaše, jež se následně rozprostírá na plech. [3]

Plech s rozetřenou směsí jsou vloženy do patrového vulkanizačního lisu, viz obrázek 4, kde za stálé teploty a tlaku probíhá vypěnění a vulkanizace. Proces je velmi citlivý na podmínky, za kterých probíhá. Důležitá je především teplota a vlhkost vzduchu ve výrobní hale. Technologické parametry vulkanizace se průběžně upravují podle vlastností odebíraných vzorků. Výsledkem jsou hrubé desky, které jsou pojmenovány jako slab, obrázek 5. Mají rozměr přibližně 1300 mm x 2200 mm x 30 mm. Po vulkanizaci slaby 14 dní dozrávají, než mohou být přesunuty na rozřezání. [3]



Obrázek 4: Patrový vulkanizační lis.



Obrázek 5: Slab.

Jako řezací stroj se používá vodorovná pásová pila, místo zubů řeže materiál průběžně doostřovaný pásový nůž. V první fázi řezání je slab zarovnán na přesnou tloušťku egalizačním řezem. Odříznutá vrchní vrstva se stává odpadem. Pláty řezané ze středu slabu mají v rovině řezu otevřené bubliny. Spodní plát je hladký ze spodní strany, bývá využíván např. pro výrobu těsnících manžet. [3]

Takto nařezaný materiál není použitelný pro výrobu potápěčských obleků, jelikož by mohl neopren prasknout. Z tohoto důvodu po řezání následuje proces kašírování. Princip spočívá v nanesení vrstvy lepidla, ředěného toluenem, na plát neoprenu. Plát prochází sušárnou, kde dochází k fixaci lepících složek. V dalším kroku se rozprostírá materiál na plochu, kam bylo nanесeno lepidlo. Materiál je potřeba nanést bez napětí a rovnoměrně. Kašírování je dokončeno na válci o průměru několika metrů, ten je vytápěn parou na teplotu 130°C.

Na povrch neoprenového plátu může být kašírována celá řada materiálů. Mezi nejběžnější patří jersey (polyesterový úplet), lycrová pletenina, froté tkaniny nebo i velaré (smyčky suchého zipu). [3]

2.5 Spojování neoprenového obleku

Je několik variant, jak lze neopren spojit šitím a lepením. Spoje se liší podle kvality a ceny. Nebude-li se zacházet do detailů, existuje několik různých metod: „blind stitching“ (slepení a následné šití), „flatlocked“ (šití), „tapet“ (podlepování), „glued“ (lepení) a „heat sealed“ (svařování). [9]

Švy vypracované metodou „blind stitching“ jsou používány převážně pro silnější neopreny (tloušťka 3-6 mm). Oproti tomu druhé nejpoužívanější švy šité, neboli „flatlocked“ se používají převážně pro tenčí neopreny (tloušťka 2-3 mm). [9]

Kvalitní obleky mají vysoce frekvenční svážené švy, které jsou velice silné, bez stehů a bez lepící pásky. Spoje mohou být dále tvořeny šitím s použitím lepící pásky a lepením. Spoje mohou být podlepeny např. silikonovou pryskyřicí, která zajišťuje dokonalou těsnost bez možnosti odlepení. [9]

Také se vyrábějí oboustranně hladké neopreny, které nemají žádné švy a především se vyznačují lepšími hydrodynamickými vlastnostmi. Díky tomu že je neopren oboustranně hladký více přiléhá k tělu, má vyšší tepelnou izolaci, ale obtížněji se obléká, svléká a hlavně má větší náchylnost k poškození, uvádí. K mechanickému využití je přizpůsoben typ i střih. [9]

2.6 Neoprenový oblek

Potápěčský oblek je oděv navržený za účelem chránit potápěče před podvodním prostředím a chladem.

Potápěči si musí zvolit správnou velikost, protože při výběru volného neoprenového obleku se prostor zaplní vodou příliš a potápěč se v obleku neohřeje. Naopak těsný oblek může škrtit a bránit krevnímu oběhu. Oblek při namočení do vody vždy povolí. [1]

2.7 Typy potápěčských obleků

Existuje několik typů potápěčských obleků. Mezi typické zástupce patří suché, polosuché, mokré a freedivingové obleky. Z neoprenového materiálu mohou být vyrobeny obleky pro jiné sporty než potápění, např. vodní lyžování, surfování, triatlon, dálkové plavání, aquaerobik. Následuje popis jednotlivých obleků. [10]

2.7.1 Mokrý oblek

Mokré neopreny (viz obrázek 6) jsou používány ve vodách, kde se teplota vody pohybuje mezi 10°C a 25°C. Název „mokrý“ dostal proto, že do něj může natéci voda, kterou potápěč svým tělem ohřívá. Neopren brání přístupu studené vody.

Neopren pracuje tak, že zachytává a udržuje slabou vrstvu vody mezi ním a tělem. Tělesná teplota tuto vrstvu vody ohřívá a oblek chrání potápěče před dalšími tepelnými ztrátami. U obleků je velmi důležitý střih a velikost. Oblek by měl být pohodlný a zároveň těsný, musí k tělu potápěče pohodlně přilnout. [10]

Vyrábí se z neoprenu, který byl vyvinut speciálně pro potápěče. Materiál tvoří vrstvu neoprenové gumy (oboustranně kaširovaná nylonovou tkaninou), která je vyplněna bublinkami plynu. Neopren zajišťuje pružnost materiálu, bublinky plynu (dusíku nebo argonu) zvyšují jeho tepelně izolační vlastnosti a textilie (tkanina či pletenina) činí neopren mechanicky odolnějším. [1]

Mokrý neopren se vyrábí např. pod značkami: Aqualung, Aquasphere, Bare, Beuchat, Elios, Camaro, Cressi, Mares, Omer a Seac sub, Scubapro, Soprassub, Typhoon, Waterproof.



Obrázek 6: Mokrý oblek. [12]

2.7.2 Suchý oblek

Suché obleky se používají ve vodách, kde se teplota pohybuje do 15°C. Tyto obleky poskytují potápěčům nejlepší tepelnou ochranu, protože je udržují po celou dobu potápění v suchu. Neoprenový oblek, viz obrázek 7, je vyroben ze speciálních vodotěsných materiálů. Nepropustnost obleku je zajištěna použitím latexových nebo neoprenových manžet kolem zápěstí a krku, integrovaných bot a vodotěsného zipu, který slouží k oblékání. Hlava potápěče je chráněna integrovanou nebo oddělitelnou neoprenovou kuklou a ruce neoprenovými rukavicemi nebo speciálními suchými rukavicemi. Ale je tu i jiná možnost a to je trilaminát, který je z klasické pogumované tkaniny. Z pogumované tkaniny jsou obleky mnohem dražší. Suchý neopren je náročnější na pohyb pod vodou a i údržba potřebuje větší pozornost. Obleky se cenově pohybují okolo 16 tisíc a více korun. [1]

Pozn.: Trilaminát je materiál, který je složen ze 3 vrstev. Např.: polyesterová tkanina + gumová membrána + nylonová tkanina.

Vyrábí se např. pod značkami: Agama, Aqualung, Bare, Camaro, Cressi, Dui, Gravity Zero, Hiko Sport, Kallweit, Mares, Northern Diver, Poseidon, Scuba pro, Sopras sub, Typhoon, Ursuit, Waterproof, Weezle.



Obrázek 7: Suchý oblek, 6,5 mm silný neopren, švy jsou lepeny a oboustranně šity. [11]

2.7.3 Polosuchý oblek

Polosuchý oblek se obvykle používá ve vodách s teplotou mezi 10°C a 20°C. Tento oblek je ideální pro potápěče, kteří chtějí používat pouze jeden oblek do teplé i studené vody. Neopren je navržen tak, aby snižoval cirkulaci vody v obleku. Ochrana před prochladnutím více či méně závisí na tloušťce neoprenu. Izolační vlastnosti zlepšují dvojité manžety na ruce a nohy a suchý vodotěsný zip přes ramena, lze si povšimnout na obrázku 8. [1]

Vyrábí se např. pod značkami: Beuchat, Camaro, Cressi, Scubapro, Sopras sub, Waterproof.



Obrázek 8: Polosuchý oblek. [12]

2.7.4 Freedivingový oblek

Tento oblek slouží k nádechovému potápění, neboli freedivingu. Oblek je většinou tenčí, nemá zipy a není ani nijak prošitý. Pohyb i dýchání v něm je neomezený, oblek je velmi pružný a měkký. Pro tento oblek je typický klasický střih zvaný „long-john“, viz obrázek 9. Součástí obleku by měly být neoprenové boty, rukavice a kukla. [1]



Obrázek 9: Freedivingový oblek, 5 mm silný neopren. Oblek značky Walea má na kolenech a loktech odolnou vrstvu proti prodření.

2.7.5 Obleky pro ostatní sporty

Neoprenové kombinézy jsou určeny např. pro surfaře nebo triatlonisty, kajakáře, raftaře a kanojisty. Pro snazší oblékání a větší komfort bývá neopren především na vnitřní straně pokrytý froté pleteninou nebo lycrovou pleteninou. Tento typ obleků se obléká přímo na holé tělo, pod oblek se oblékají jen sportovní plavky. Střihově je velmi rozšířená kombinéza s krátkými nohavicemi a rukávy, případně bez rukávů. Označuje se jako monošort nebo shorty. Dostupné jsou i krátké kalhoty nad kolena, případně dámské jednodílné plavky, ale i kombinézy s dlouhým rukávem a nohavicemi dlouhými až ke kotníkům. Používané tloušťky materiálu jsou od 2,5 mm do 6 mm. [1]

Tyto tenké neoprenové obleky jsou rozšířené mezi surfaři, vodními lyžaři a řidiči vodních skútrů. Kombinézy s dlouhými rukávy i nohavicemi se užívají při triatlonu a dálkovém plavání. Šortky a jednodílné plavky se používají při aquaerobiku. Tyto obleky jsou přednostně jednodílné, nemají integrovanou kuklu, velmi často se objevují v pestrých barvách a zip pro usnadnění oblékání je většinou na zádech. Aby se sportovec mohl obléknout bez cizí pomoci, je úchytka zipu nastavena šňůrkou. Těmito charakteristikami se tenké neoprenové kombinézy odlišují od potápěčských obleků, přesněji řečeno od jejich variant určených pro potápění v tropických vodách. [1]

Princip fungování je stejný jako u tropických (mokrých) potápěčských obleků. Samotný materiál kombinézy je vodonepropustný, ale konstrukce kombinézy (lemy, zip) dovoluje proniknout malému množství vody do prostoru mezi oblek a kůží sportovce. Čím přesněji oblek sedí na těle, tím tenčí je vrstvička vody. Tím méně voda cirkuluje a ochlazuje tělo. Tenká, minimálně cirkulující vrstva vody se snadno zahřeje na teplotu těla. [1]

3 Analýza užitných vlastností neoprenu z pohledu výrobce neoprenových obleků

Užitné vlastnosti neoprenu a spojů neoprenového obleku jsou pro výrobce důležité především při distribuci výrobků. Výrobce mohou zajímat vlastnosti, které přímo souvisí s opotřebováním oděvu při nošení.

V následující kapitole jsou analyzovány užitné vlastnosti a jsou zde uvedeny způsoby jejich testování.

Na neoprenový oblek během užívání působí:

- Voda (sladká x slaná)
- Tlak (při ponoru, oblékání i nošení)
- Teplo (i chlad)
- Mechanické vlivy
- Chemikálie, plyny, oleje, pot
- Skladovací podmínky (působení nečistot, tlaku, světla...)

[4]

3.1 Užité vlastnosti se dle významnosti řadí do tří stupňů

1. *Vlastnosti reprezentační* – jsou na první pohled na oděvu zřejmé (vlastnosti tvarů a jejich stálosti, vlastnosti povrchu). Pokud se bere v potaz rozebrání užitných vlastností z hlediska výrobce potápěčských obleků, je bezvýznamné hodnotit tyto vlastnosti na neoprenovém materiálu.
2. *Vlastnosti fyziologické* – souvisí s fyziologickým komfortem (fyziologicko-hygienické vlastnosti). Zabývají se především přestupem tepla a vlhkosti skrz materiál a mikroklima.

3. *Vlastnosti trvanlivostní* – hodnotí fyzickou životnost textilie (mechanické vlastnosti, vlastnosti povrchu). Tyto vlastnosti jsou z hlediska výrobce neoprenových obleků nejzajímavější, protože vypovídají o tom, jak dlouho může být potápěčské oblečení užíváno. Také výrobce upozorňují, na to, která místa jsou na obleku nejvíce namáhána a tedy která je třeba lépe zabezpečit proti stárnutí. [14]

Pro hodnocení výše zmíněných vlastností je třeba provést laboratorní zkoušky. Zkoušení užitných vlastností je rozděleno do skupin podle kumulativních vlastností: Vlastnosti tvaru, stálosti tvaru, vlastnosti povrchu, propustnosti a mechanické vlastnosti. [14]

3.2 Vlastnosti tvaru

Tyto vlastnosti zahrnují parametry, které popisují a určují tvar plošné textilie. Lze je považovat za zvláštní skupinu vlastností, protože přímo ovlivňují další vlastnosti, např. stálosti tvaru, propustnosti, apod. [14]

3.2.1 Tloušťka a stlačitelnost

Tloušťka plošné textilie je hodnota, která je definovaná vzdáleností mezi přitlačnou čelistí a podkladovou deskou měřicího zařízení (tloušťkoměru). Plošná textilie je položena na základovou desku a je přitlačena kruhovou čelistí definovaného rozměru, která vytváří pomocí závaží na textiliu přítlak. Ten je nutný proto, že povrchový reliéf plošné textilie neposkytne možnost měřit tloušťku této vrstvy bezdotykovým způsobem. Velikost horní přitlačné čelisti a velikost přítlaku jsou definovány v příslušné normě a jsou určeny pro různé typy materiálů. [14]

3.3 Fyziologické vlastnosti

Fyziologické vlastnosti přímo souvisí s fyziologickým komfortem při běžném užívání oděvu. Vlastnosti se mohou sledovat v podmínkách bioklimatické komory, kde jsou simulovány různé podmínky okolního prostředí. V případě neoprenu jde o simulace podvodního prostředí a nízké okolní teploty. [14]

Hlavní fyziologicko-hygienické vlastnosti oděvu:

- tepelně-izolační vlastnosti
- schopnost propouštět vodní páry
- prodyšnost

3.3.1 Chlad

Pocity chladu se dostavují jako reakce organismu na nízkou teplotu okolního prostředí nebo nízkou intenzitu činnosti v oděvu, který má nedostatečné tepelně-izolační vlastnosti. [14]

- *Chladno* – projevuje se pocity lokálního mrazení na periferních místech těla, vyvolanými pouze zvýšeným prouděním vzduchu. Ve vhodném oděvu lze nepřetržitě pracovat.
- *Zima* – projevuje se jako pocity mrazení na celém těle, dostavuje se současně chvění těla, smršťuje se pokožka. Pracovat lze pouze ve speciálním oděvu krátkodobě.
- *Tuhnutí* – projevuje se pocity celkového hlubokého podchlazení, které ochromuje pohyb končetin. Nastává strnutí rukou a nohou, dostavuje se šok z chladu. Setrvání v tomto stavu přináší i smrt. [14]

3.4 Vlastnosti povrchu plošných textilií

Mezi vlastnosti povrchu plošných textilií řadíme lesk, oděr, otěr, klouzavost, zátrhavost, žmolkovitost. Vzhledem k důvodu použití neoprenového materiálu jsou vlastnosti jako lesk, klouzavost, zátrhavost a žmolkovitost při užívání vedlejší. Vlastnost, která by mohla významně ovlivnit životnost oděvu je však oděruschopnost.

3.4.1 Oděr

Nejagresivnější narušení povrchu, resp. celé plošné textilie, je její oděr. K oděru dochází při styku plochy textilie s textilií nebo s drsným povrchem. Odírají se jednotlivá vlákna, ulamují se, odpadávají, ucpávají póry textilie, prodírají se vazné body textilie a textilie se rozpadá. [14]

3.5 Mechanické vlastnosti plošných textilií

Mechanické vlastnosti se projevují silovým namáháním plošných textilií v tahu ve směru jejich plochy. U oděvních textilií jsou svým významem řazeny téměř na poslední místo. Je to dáno tím, že u oděvu se takové namáhání v tahu, které by vedlo k přetrhu, prakticky nevyskytuje. Uplatňují se tu však režimy opakovaného namáhání, pomocí nichž lze simulovat skutečné namáhání oděvních textilií a sledovat tak změny pevnosti a tažnosti (tj. únavové jevy) a to od nízkých hodnot deformací až po skutečné viditelné porušení. [14]

Patří sem následující vlastnosti: pevnost v tahu a tažnost, pevnost v dalším trhání, pevnost ve vytržení, pevnost a tažnost švů a posun nití ve švu, pevnost spoje vrstev a pevnost v protržení

3.5.1 Pevnost v tahu a tažnost

Podstata zkoušky pevnosti v tahu spočívá v silovém působení na zkoušený vzorek až do jeho přetržení. Zaznamená se síla nutná k přetrhu, udává se v newtonech. Je nutné namáhat nitě jedné soustavy, tj. v jednom směru (osnova, útek, sloupek, řádek).

Tažnost je definována jako poměr maximálního prodloužení zkušební vzorku do přetrhu k jeho výchozí délce. Spočívá ve statickém zatěžování zkušební vzorku silou do okamžiku přetrhu. Zaznamená se maximální vzdálenost čelistí (tj. prodloužení vzorku).

[14]

3.5.2 Pevnost v dalším trhání

Zkušební metoda pevnosti v dalším trhání spočívá v silovém působení na vzorek, který je nastřižený předepsaným způsobem. Je stanovena síla nutná k roztržení vzorku ve směru nastřížení, udává se v [N]. Pevnost je stanovena zprůměrováním jednotlivých hodnot maximální pevnosti F_1, F_2, F_i . [14]

3.5.3 Pevnost ve vytržení

Vytržením je chápána odolnost textilie vůči vytržení jak ve směru kolmém k její základní rovině, tak i v rovnoběžném. Zkouška je prováděna tam, kde je k plošné textilii připevněn nějaký zapínací nebo ozdobný prvek: knoflík, spínátko, stuha a je na něj aplikován tah. [14]

3.5.4 Pevnost švů a posun nití ve švu

Namáhání šitého spoje může být realizováno třemi způsoby: v podélném, příčném a obecném směru. Všechny tři případy se na oděvu vyskytují a každý má jak na švu, tak i na jeho bezprostředním okolí jiné následky.

Při namáhání podél směru švu se na tahové křivce registruje porušení jednotlivých vazných bodů švu. Sešitá textilie vykazuje vyšší strmost, což je způsobeno zpevněním textilie švem. Při tomto způsobu namáhání není důležitá celková hodnota pevnosti spoje, ale difference, která při dané síle vykazuje rozdíl deformace mezi sešitým a nesešitým vzorkem. Je žádoucí, aby tato hodnota byla co nejnižší.

Příčné namáhání sešité textilie je charakterizováno poklesem pevnosti, neboť došlo k poškození nití v celé šířce vzorku. Proto tahová křivka má opačnou relaci polohy než u namáhání podélného. [14]

3.5.5 Zjišťování posuvu nití ve švu

Na textilií se vyznačí délka l a po zatížení normovanou silou se odečítá hodnota původní délky po posunutí. Závislost se podle [14] zpracuje graficky. Namáhání švů v obecném směru se pro komplikovanost vyhodnocení neprovádí.

3.5.6 Pevnost ve lpění vrstev

Působením údržby či nošení mají vrstvené textilie (lamináty, vrchové materiály+výztužná vložka, vrchová textilie+PU pěna) tendenci se od sebe oddělovat během používání a údržby. Snižuje se pevnost tohoto plošného spoje.

Zkušební metoda spočívá v silovém působení na vrstvy textilie a jejich oddělování. Textilní vrstvy jsou od sebe částečně odděleny a upnuty do čelistí samostatně. Ze získané křivky, resp. z maxim F_i vyhodnocujeme střední hodnoty pevnosti spojů F (N) nebo soudržnou pevnost F_s ($N.m^{-2}$).

[14]

3.5.7 Pevnost v protržení

Oděvní textilie, jež jsou namáhány na vyboulení (koleno, loket) vykazují delším používáním různé typy deformací, zejména plastické. Pro zjištění relace mezi nimi se postupuje dvěma způsoby: 1. jednorázovým způsobem do protržení textilie, 2. opakovaným způsobem bez protržení. Jednorázový způsob zjišťuje jak hodnotu pevnosti v protržení, tak celkovou deformaci. [14]

3.5.8 Vrásnění švů

Vrásnění švu definovat jako menší, respektive větší deformaci ušitého švu, která se projevuje zvlněním jedné nebo více vrstev šitého materiálu následkem šití, praní, žehlení a chemického čištění.

Vrásnění (deformace švu) patří mezi vlastnosti, které negativně ovlivňují estetický vzhled výrobku. Problematika vrásnění se projevuje hlavně u materiálů nízkých plošných hmotností s hladkým povrchem, hustou dostavou a u tkanin obsahujících nekonečná syntetická vlákna. [14]

V případě neoprenových obleků se vrásnění švů vyskytuje minimálně díky tomu, že se jedná o materiál silný, tuhý a s vysokou plošnou hmotností.

3.6 Omak

Omak je veličina psychofyzikální. Jednoduše řečeno jedná se o vyjádření pocitů, které vyvolává textilie při styku s pokožkou. Přičemž vznikající pocity úzce souvisí s kvalitou sensorických orgánů a se zkušeností. Pro objektivní hodnocení omaku lze použít různé měřicí metody. [14]

U neoprenového materiálu je omak závislý na typu kaširované textilie. Příjemněji a hřejivěji působí potah z froté pleteniny, naopak studeně a klouzavě působí metalická úprava povrchu neoprenu.

3.7 Shrnutí užitných vlastností neoprenu

Pro výrobce neoprenových obleků je důležité znát tepelnou vodivost různých tloušťek neoprenu, proto, aby mohl přiřadit danému druhu obleku určitou tloušťku, která uživatele ochrání před chladem. Z fyziologických vlastností je to nejvýznamnější vlastnost pro neoprenový materiál. Hodnocení dalších fyziologických vlastností, jako je např. měření přestupu vlhkosti, ztrácí význam vzhledem k podvodnímu prostředí a nepropustnosti materiálu.

I přesto, že je neopren velmi odolný materiál, je vhodné znát jeho mechanické vlastnosti. Především pevnost, tažnost, oděruschopnost.

Tyto vlastnosti jsou směrodatné zejména při reklamaci neoprenového obleku. Zákazník a prodejce mohou snadno porovnat mechanické opotřebení (např. poškozený šev nebo prodřený materiál), které je jasně zřejmé a viditelné.

3.8 Rozdělení neoprenových materiálů

Neopren je díky svým specifickým vlastnostem velmi všestranný materiál. Vyrábí se různé druhy neoprenů pro různorodé (odlišné) aplikace. Neopreny jsou děleny zejména podle vlastností, viz tabulka 1. Druhy se liší v buněčné struktuře, tvrdosti, tažnosti a pevnosti. Odlišují se také chováním materiálu (smršťování, teplotní komprese apod.).

Doporučené materiály pro použití pod vodou jsou LS, S a HS. Typ LS je vhodné použít do maximální hloubky vody 15 m, S do hloubky až 35 m. Z materiálu HS se mohou vyrábět obleky až do 70 m hloubky vody.

[4]

Tabulka 1: Rozdělení druhů neoprenů. [4]

Označení	Vlastnosti	Doporučené použití
LS	Velmi jemný a elastický	Vodní sporty, oblečení pro volný čas
S	Relativně poddajný, tažný, ale pevný a kompaktní	Potápěčské vybavení, obvazy a vycpávky, obaly, materiál pro obuv
HS	Vysoká hustota buněk, rezistentní tlak	Profesionální potápěčské vybavení
HHS	Velmi hustá struktura buněk, relativně nízká flexibilita	Technické aplikace
NF	Nehořlavý, konzistence podobná „S“	Ochranné oděvy, specializované průmyslové aplikace
W	Charakteristická bílá barva	Zdravotnictví, ortopedie

3.9 Vlastnosti neoprenových materiálů

V tabulce 2 jsou uvedeny hodnoty vlastností pro jednotlivé typy materiálů. Neopreny mají vysokou tažnost, ale i pevnost. [4]

Dalšími vlastnostmi mohou být vynikající izolace, vysoké dynamické zatížení, odolnost vůči povětrnostním vlivům, odolnost v oděru, vysoká tažnost a odolnost nárazu, dobrá přilnavost k pokožce, odolnost vůči mořské vodě i chemikáliím, odolnost vůči houbám a bakteriím, nízká propustnost plynů, šetrnost k životnímu prostředí, dobrá snášenlivost pokožky a hydroizolace. [2]

Tabulka 2: Vlastnosti jednotlivých druhů neoprenů. [4]

Typ	LS	S	HS	HHS	NF	W
Polymer	Neopren (CR)	Neopren (CR)	Neopren (CR)	Neopren (CR)	Neopren (CR)	Neopren (CR)
Hustota [kg.m ⁻³]	160 +/- 30	170 +/- 30	220 +/- 30	270 +/- 30	170 +/- 30	170 +/- 30
Tažnost [%]	Min. 60	Min. 70	Min. 70	Min. 75	Min. 70	Min. 70
Pevnost v tahu [N.mm ⁻²]	Min. 0,80	Min. 0,60	Min. 0,80	Min. 0,90	Min. 0,60	Min. 0,50
Prodloužení [%]	Min. 220	Min. 200	Min. 200	Min. 200	Min. 200	Min. 200

4 Experimentální část

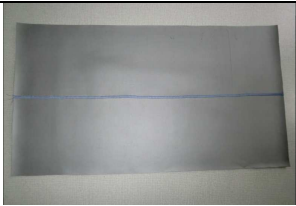
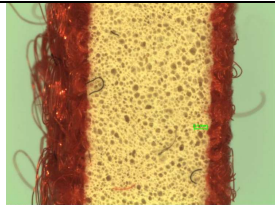
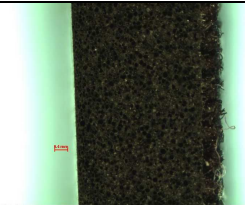
V této části jsou charakterizovány vlastnosti zkoušeného neoprenového materiálu. Je zde také uveden průběh a evidence mechanických testů, které byly na materiálech provedeny.

4.1 Charakteristika zkoušených materiálů

V experimentální části byly použity tři druhy neoprenových materiálů, které dodala společnost Agama – DIVING s.r.o. Jednotlivé vzorky materiálu se liší především tloušťkou a způsobem potahu neoprenu. V tabulce 3 jsou uvedeny parametry definující kaširovanou pleteninu i polymer. Jedná se o materiálové složení, plošnou měrnou hmotnost, tloušťku materiálu. [15]

Tabulka 3: Charakteristika materiálů testovaných v experimentální části.

	Materiál A	Materiál B	Materiál C
Tloušťka [mm]	1,5	3	2
Barva pryže (polymeru)	Černý polymer	Bílý polymer	Černý polymer
Způsob potahu (vazba) - líc	Nános metalické hmoty	Červená lycrová pletenina, vazba zátažná jednolící	Černá lycrová pletenina, vazba zátažná jednolící
Způsob potahu (vazba) - rub	Černá lycrová pletenina, vazba zátažná jednolící	Červená lycrová pletenina, zátažná pletenina	Černá lycrová pletenina, vazba zátažná jednolící
Plošná hmot. [kg.m ⁻²]	0,576	0,803	0,681

Vzhled			
	Líc materiálu A	Příčný řez materiálem B	Příčný řez materiálem C

Pozn.: Lycrová pletenina je obchodní název pro elastan firmy DuPont, používá se v kombinaci s nylonem a nikdy se nepoužívá samotná. [10]

4.2 Zjišťování odolnosti neoprenového materiálu v oděru

Pro zjištění odolnosti materiálu, používaného pro výrobu neoprenových obleků, v oděru byla vybrána metoda Martindale. Na přístroji Martindale byly měřeny tři druhy neoprenového materiálu. [17]

4.2.1 Podstata zkoušky

V držáku je upnutý kruhový vzorek, jenž je vystaven předem stanovenému přtlaku a je odírán o oděrací textilií pohybem, který sleduje Lissajousův obrazec. Držák vzorku je volně otočný kolem své osy, ta je kolmá k horizontální ploše zkoušeného vzorku. Odolnost textilie v oděru je zjišťována jako úbytek hmotnosti zkušebního vzorku.

4.2.2 Zkušební přístroj

Vzorky jsou upevněny do držáku s podložkou z pěnového materiálu. Pěnový materiál zajišťuje, aby byla zkoušená textilie napnutá. Při zkoušení neoprenu v oděru pěnový materiál nebyl použit z důvodu vyšší plošné hmotnosti než 500 g.m^{-2} .

Zkušební přístroj je složen ze základní desky, na které se nachází oděrací stoly a pohonný mechanismus. Pohonný mechanismus obsahuje dva vnější pohony a jeden vnitřní. Pohony způsobují, že vodící deska držáků vzorků sleduje Lissajousův obrazec. Další částí přístroje je vodící deska držáků vzorků, která způsobuje, že každý bod vodící

desky sleduje stejný Lissajousův obrazec. Nedílnou součástí oděracího stolu je závaží sloužící k vyvolání přitlaku 12 kPa nebo 9 kPa na vzorek. V daném případě bylo použito závaží o hmotnosti 595 g, (resp. přitlak 9 kPa). Dané závaží je obvykle používáno při zkoušení oděvních a bytových textilií, kromě potahových a lůžkovin. Přístroj byl ovládán pomocí digitálního dotykového displeje, kde byly nastaveny intervaly, při kterých docházelo k oděru. [17]

Zkouška a příprava vzorků probíhala při normálním zkušebním ovzduší tj. teplota 20 ± 2 °C a relativní vlhkost vzduchu 65 ± 5 %. [18]

4.2.3 Příprava a upnutí vzorků

Laboratorní vzorek byl více než 18 hodin klimatizován v normálním prostředí. Vzorek byl odebrán 100 mm od okrajů (míněno pevný okraj) materiálu, po celé šíři a v počtu pěti kusů o průměru 38 mm. Čtyři vzorky byly použity pro samotnou zkoušku. Jeden vzorek nebyl zkoušen, ale pomocí něho bylo porovnáno poškození zkoušených vzorků v příloze 2. Normovaná vlněná oděrací textilie a plstěná podložka, obě o průměru 140 mm, byly k dispozici v laboratoři. [18]

Po této přípravě bylo provedeno upnutí vzorku do držáku vzorku. Upínací kroužek držáku vzorku byl vložen do upínacího zařízení na rámu přístroje. Zkušební vzorek byl opatrně uložen lícovou stranou dolů středem do upínacího kroužku držáku vzorku. Těleso držáku vzorku bylo umístěno nad upínací kroužek a bylo pevně zašroubováno.

Též bylo zapotřebí přichystat oděrací textilie. Vodící deska držáků vzorků byla odstraněna, aby byl zajištěn volný přístup k oděracím stolům. Na každý z oděracích stolů byla položena plstěná podložka, na ní byla umístěna oděrací textilie. Obě soustavy nití tkaniny (osnova i útek) byly položeny rovnoběžně s hranami rámu přístroje. Plstěná podložka a oděrací textilie byly zatíženy závažím o hmotnosti cca 2,5 kg a o průměru cca 120 mm. Byl přiložen upínací rámeček a plstěná podložka s oděrací textilií byla pevně zajištěna zašroubováním upínacího rámečku a závaží bylo odstraněno.

4.2.4 Průběh zkoušky

Zkoušení neoprenového materiálu v odolnosti vůči oděru probíhalo tři dny. Jeden den vždy probíhala zkouška jednoho materiálu. Předem nebylo známo, jak se bude materiál při zkoušce chovat. Dle různorodosti typů potahů na materiálu se přistoupilo k následujícímu řešení a hodnocení zkoušky.

Při zkoušce byl sledován počet otáček do porušení textilie. Pro zpracování údajů byl zjišťován váhový úbytek zkoušených vzorků po porušení textilie. U vzorků B a C byl měřen váhový úbytek při stejném počtu otáček, protože při daném počtu otáček došlo k narušení textilie (viz tabulka 5, 6).

Při zkoušení materiálu A byla nastavena standardní rychlost otáčení $47,5 \text{ min}^{-1}$. Použito bylo závaží o hmotnosti 595 g. V první fázi bylo nastaveno 500 otáček za minutu a nenásledovala žádná změna vzhledu materiálu. Bylo nastaveno dalších 500 otáček za min. Na vzorcích 3 a 4 byly objeveny známky opotřebení, a to „praskání“ metalické úpravy neoprenu (na povrchu se objevily drobné tečky a materiál vypadal jako natažený). To bylo pravděpodobně způsobeno nerovnoměrností úpravy. Následně bylo zvoleno 1 000 otáček. Po vyjmutí vzorků ze stroje byla na vzorcích 3 a 4 pozorována větší míra popraskání. U všech vzorků byla pozorována drobná pórovitost. Po 4 000 otáčkách vykazoval vzorek číslo 1 a 2 větší míru pórovitosti (vzniklo poškození vzorku o velikosti zlomku milimetru). Vzorky 3 a 4 vykazovaly podobné opotřebení jako 1 a 2. Popraskaná metalická úprava měla stejnou podobu jako při předchozím vyjmutí zkušebních vzorků z přístroje. Následně bylo nastaveno dalších 500 otáček, po kterých materiál vykazoval velmi podobné známky poškození jako při předchozí kontrole. Bylo nastaveno dalších 2 500 otáček, po nichž vzorek vykazoval zvětšení pórů v oblasti oděrových hran. U vzorku číslo 2 došlo k velmi jemnému sedření povrchu potahu v oděrové hraně. Nicméně bylo zadáno dalších 2 500 otáček. Na zkoušeném materiálu bylo tedy provedeno 9 500 oděrových otáček. Po tomto celkovém počtu vykazoval vzorek 1 minimální zvětšení pórů v oděrové hraně. Na vzorku 2 došlo k prodření potahu v oděrové hraně až k pryži. Vzorek 3 měl na povrchu malou díрку (spíše pór), jinak se pórovitost nijak zvlášť nezvýšila. Na vzorku 4 došlo k prodření v oděrové hraně. Odření bylo slabší než u vzorku 2 (viz příloha 2 – fotodokumentace z obrazové analýzy). Dále se pokračovalo ve zkoušení vzorků 1 a 3. Cílem bylo dosáhnout oděru materiálu i u těchto dvou vzorků. Zadáno bylo 2 500 ot., po nichž

materiál 1 nevykazoval vyšší míru opotřebení. Naopak u vzorku 3 došlo po 12 000 otáčkách k odštěpení metalické úpravy o velikosti cca 1,5 mm. Vzorek byl oproti originálu tmavší, s černými vydrženými skvrnami. Pod nimi prosvítala neoprenová pryž. Vzorek 3 byl ze zkoušení vyřazen a dále byl zkoušen pouze vzorek 1, pro něj bylo nastaveno dalších 3 000 otáček. Po 15 000 otáčkách vzorek 1 vykazoval také známky poškození potahu a měl tmavší odstín než originál.

Pro materiál B byl zvolen jiný postup zkoušení (zadávání otáček) vzhledem k jinému druhu úpravy povrchu. V první fázi bylo nastaveno 500, 500 a 1 000 otáček, po nichž nebyly na materiálu pozorovány žádné změny. Poté bylo zadáno 3 000 otáček, po kterých byla pozorována vytažená nit pouze u vzorku 1, která vyčnívala z plochy pleteniny (viditelné pouze pod lupou). Bylo nastaveno dalších 3 500 otáček, po kterých došlo k mírnému rozvláknění povrchu. Na vzorku 1 byl pozorován více rozvlákněný povrch. Následovalo nastavení 2 500 otáček, po nich vzorky vykazovaly vyšší míru rozvláknění. Vzorky 1 a 3 byly rozvlákněny více než 2 a 4. Byl změněn i směr sloupků zátažné pleteniny (není ve tvaru přímky, ale oblouku). Po dalších 4 000 otáčkách byl vzhled vzorků víceméně neměnný. Bylo nastaveno následujících 5 000 otáček (v tuto chvíli vzorky absolvovaly 20 000 ot.) a bylo pozorováno větší rozvolnění povrchu pleteniny než při předchozích kontrolách. Došlo také k bodovému narušení struktury textilie. Bylo zadáno dalších 6 000 otáček, po nichž nedošlo k výraznějším změnám oproti předchozímu. Nakonec bylo nastaveno 4 000 otáček. Na vzorky působilo během zkoušky oděrem celkem 30 000 otáček oděrací textilie. Po této zkoušce materiál vykazoval bodový oděr v ploše a rozvláknění povrchu pleteniny. Nebylo pozorováno porušení oka pleteniny! Na vzorcích vznikla změna odstínu vlivem oděru a došlo k narušení struktury pleteniny.

Na přístroji Martindale bylo pro zkoušení materiálu C zadáno 5 000 otáček. Po tomto počtu nebyly na materiálu viditelné žádné změny. Bylo nastaveno 10 000 otáček a vzorky vykazovaly mírné rozvolnění vláken na povrchu. Poté bylo zadáno 5 000 ot., po nichž byly vzorky ještě více rozvlákněny. Z povrchu vyčnívaly smyčky vláken. Nastaveno bylo 5 000 otáček a materiál vykazoval vyšší míru rozvolnění vláken. Po dalších 5 000 ot. (resp. 30 000) vykazoval vzorek číslo 1 malé známky opotřebení, ze vzorku vyčnívaly 1-2 mm dlouhé smyčky vláken. Došlo k bodovému odření v ploše, které se zdá mírnější než u materiálu B, a k zesvětlení odstínu. Na vzorku 2 bylo pozorováno bodové odření pouze na jedné straně. Vlákna vyčnívala také pouze na jedné

straně, ale byla kratší a neměla podobu smyček. Je možné, že došlo k chybnému upnutí vzorku do držáku. Po vyjmutí bylo zřejmé, že byl vzorek upnutý správně, ale materiál byl u jedné strany vyboulenný. To mohlo být způsobeno nesprávným nebo nerovnoměrným kaširováním pleteniny na neopren. Vzorek 3 vypadal velmi podobně jako vzorek 2, ale s menší mírou opotřebení. Z pleteniny vyčnívalo více smyček vláken, která byla méně potrhaná. Poslední vzorek (číslo 4) vykazoval nejvíce rozvlákněných nití, z materiálu vyčnívaly smyčky vláken. Tento vzorek vykazoval mírné bodové odření povrchu. U všech vzorků byla pouhým okem patrná změna odstínu a u žádného nedošlo k přetrhu příze.

Z předchozího textu vyplývá, že pro materiál A byly nastaveny jiné parametry stroje než pro ostatní dva materiály a byl zde použit i jiný výklad normy. [17]

4.2.5 Tabulky výsledků a výpočtů

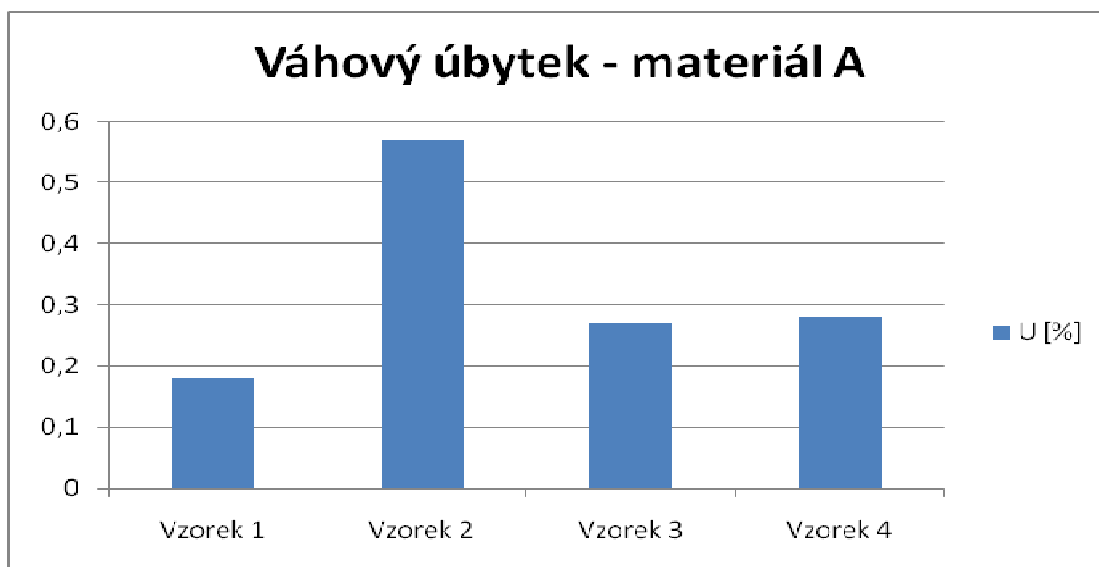
Před a po zkoušce neoprenu v oděru byla vážena hmotnost (m_1 , m_2) každého vzorku. Z naměřených hmotností byl vypočítán váhový úbytek (U).

Tabulka 4: Výsledky zkoušky v oděru pro materiál A, výpočet váhového úbytku.

	m_1 [g]	m_2 [g]	U [%]	n [min^{-1}]
Vzorek 1	0,6661	0,6649	0,18	15 000
Vzorek 2	0,6464	0,6427	0,57	9 500
Vzorek 3	0,6549	0,6531	0,27	12 000
Vzorek 4	0,6478	0,646	0,28	9 500
Průměr	0,6538	0,651675	0,325	11 500
Směrodatná odchylka	0,0077984	0,008510104	0,146714	2263,84628
Variační koeficient [%]	$6,0815 \cdot 10^{-4}$	$7,24219 \cdot 10^{-4}$	0,021525	5125000

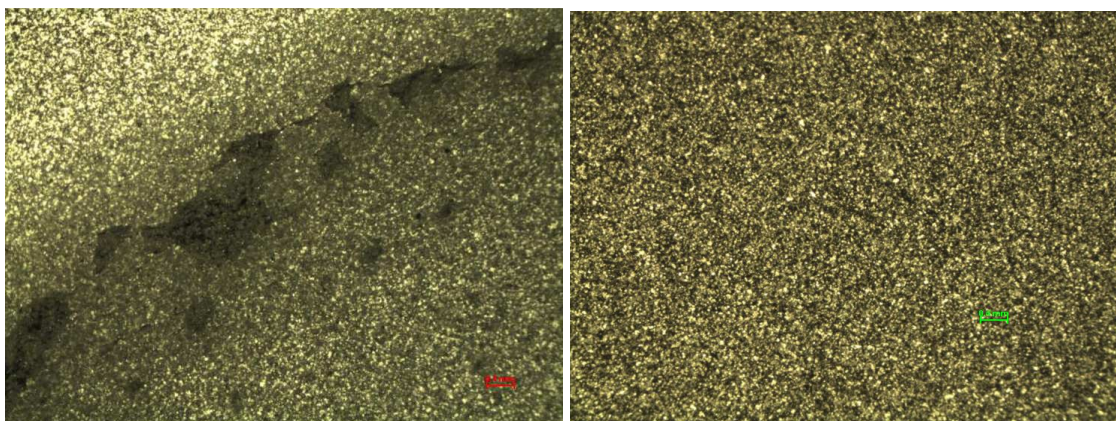
V tabulce 4 jsou zaznamenány úbytky hmotnosti ve chvíli, kdy došlo k prodření povrchové úpravy materiálu A (viz obrázek 10). K prodření materiálu došlo u každého vzorku při různém počtu otáček, viz tabulka 4. Jedná se o důsledek nepravidelné vulkanizace (té si lze povšimnout na fotografiích v příloze 1), tedy i nepravidelné povrchové úpravy neoprenového materiálu.

Graf 1: Vyjádření váhového úbytku pro jednotlivé vzorky materiálu A. Váhový úbytek byl měřen poté, co se na materiálu objevilo viditelné poškození.



V grafu 1 je znázorněn váhový úbytek měřený poté, co se na vzorku objevilo viditelné poškození. Toto poškození nelze přesně definovat, jako např. poškození prvního vazného bodu na tkanině, proto bylo nutné přistupovat ke každému vzorku individuálně.

Z grafu lze vyčíst, že u jednoho vzorku došlo k vyššímu váhovému úbytku, je to důsledek nepravidelné vulkanizace neoprenové pryže a tedy nepravidelné povrchové úpravy na materiál.



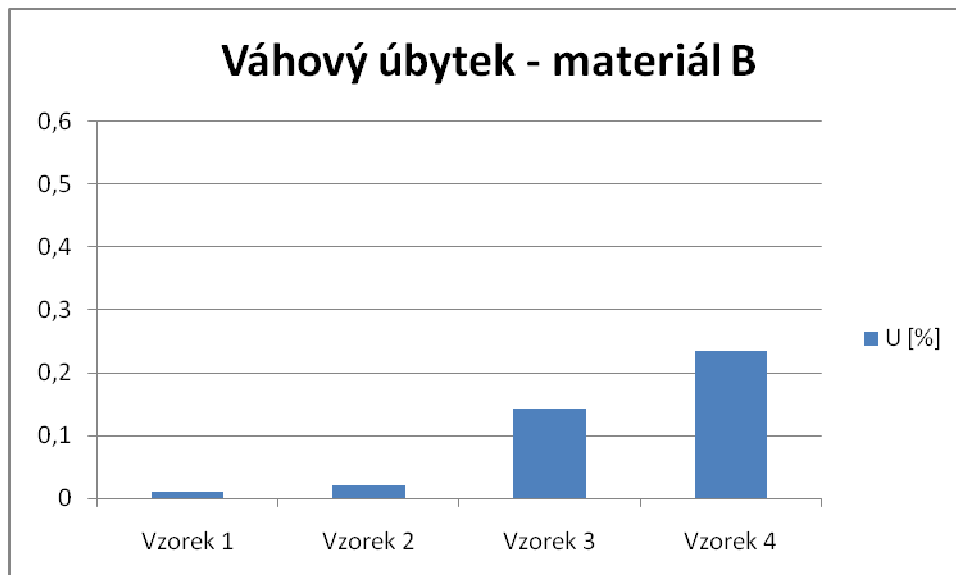
Obrázek 10: Zkušební vzorek 3, materiál A. Vzhled poškození po zkoušce oděrem (vlevo) a vzhled originálu (vpravo).

V tabulce 5 je znázorněn procentuální úbytek hmotnosti při 30 000 otáčkách za minutu, měřený na materiálu B. Úbytek hmotnosti je velmi malý i při vysokém počtu otáček. Při namáhání nedošlo k přetržení materiálu (viz obrázek 11). Tento materiál je vysoce odolný.

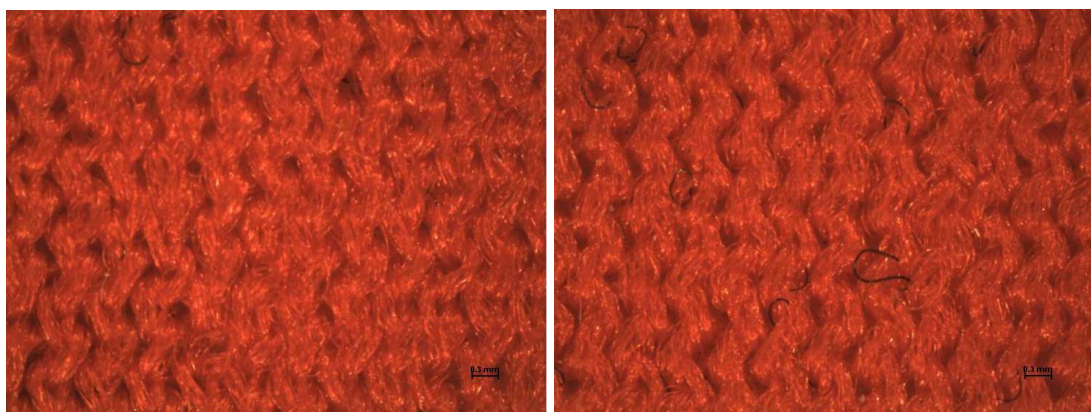
Tabulka 5: Výsledky zkoušky v oděru pro materiál B, výpočet váhového úbytku.

	m₁ [g]	m₂ [g]	U [%]	n [min⁻¹]
Vzorek 1	0,8732	0,8731	0,011	30 000
Vzorek 2	0,8975	0,8973	0,022	30 000
Vzorek 3	0,9783	0,9769	0,143	30 000
Vzorek 4	0,8938	0,8917	0,235	30 000
Průměr	0,9107	0,90975	0,10275	30 000
Směrodatná odchylka	0,04011191	0,03979055	0,09226152	0
Variační koeficient [%]	0,00160897	0,00158329	0,00851219	0

Graf 2: Vyjádření váhového úbytku pro jednotlivé vzorky materiálu B. Váhový úbytek byl měřen po 30 000 otáčkách.



V grafu 2 je znázorněn váhový úbytek materiálu B, který byl měřen po 30 000 otáčkách. Lze si všimnout rozdílů ve výsledcích měření. Tyto rozdíly v chování materiálu při odírání mohou být způsobeny nepravidelnou vulkanizací při výrobě neoprenu, tedy i nepravidelným nánosem lepicí složky při procesu kašírování.



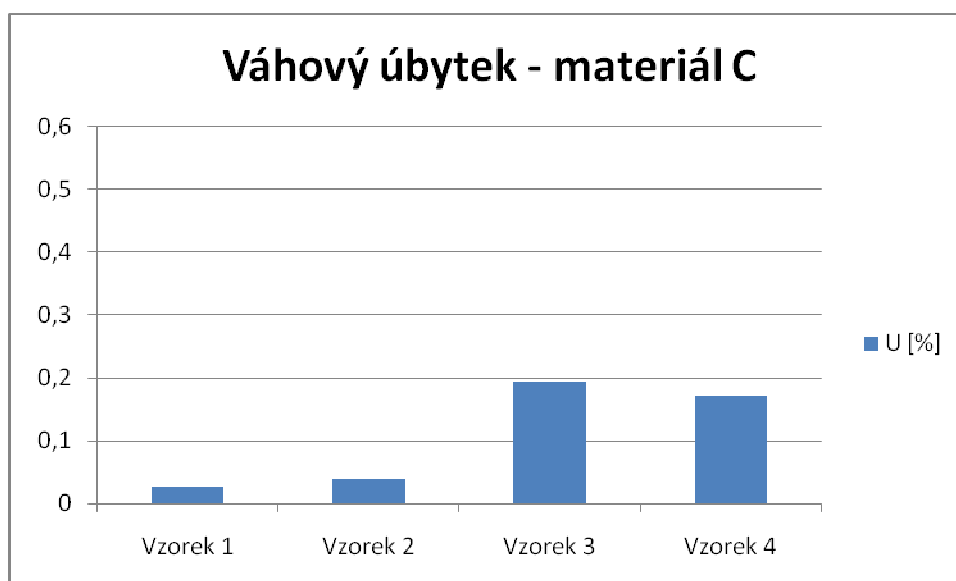
Obrázek 11: Zkušební vzorek 4, materiál B. Vzhled poškození po zkoušce oděrem (vlevo) a vzhled originálu (vpravo).

V Tabulce 6 je zobrazeno, že materiál C vykazuje velmi obdobné opotřebení jako materiál B při stejném počtu otáček (viz obrázek 12). Je to způsobeno tím, že jsou oba materiály kaširovány podobnou pleteninou.

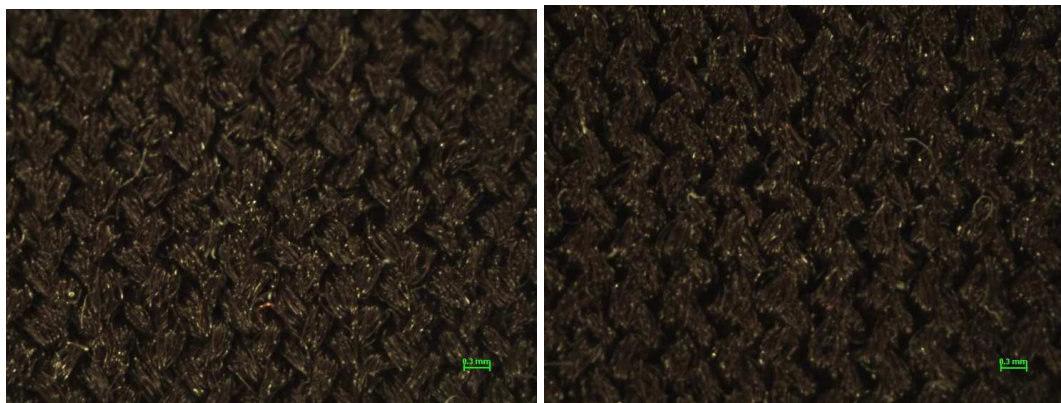
Tabulka 6: Výsledky zkoušky v oděru pro materiál C, výpočet váhového úbytku.

	m₁ [g]	m₂ [g]	U [%]	n [min⁻¹]
Vzorek 1	0,7492	0,749	0,027	30 000
Vzorek 2	0,7574	0,7571	0,04	30 000
Vzorek 3	0,7733	0,7718	0,194	30 000
Vzorek 4	0,8119	0,8105	0,172	30 000
Průměr	0,77295	0,7721	0,10825	30 000
Směrodatná odchylka	0,024099	0,023629	0,075294	0
Variační koeficient [%]	0,000581	0,000558	0,005669	0

Graf 3: Vyjádření váhového úbytku pro jednotlivé vzorky materiálu C. Váhový úbytek byl měřen po 30 000 otáčkách.

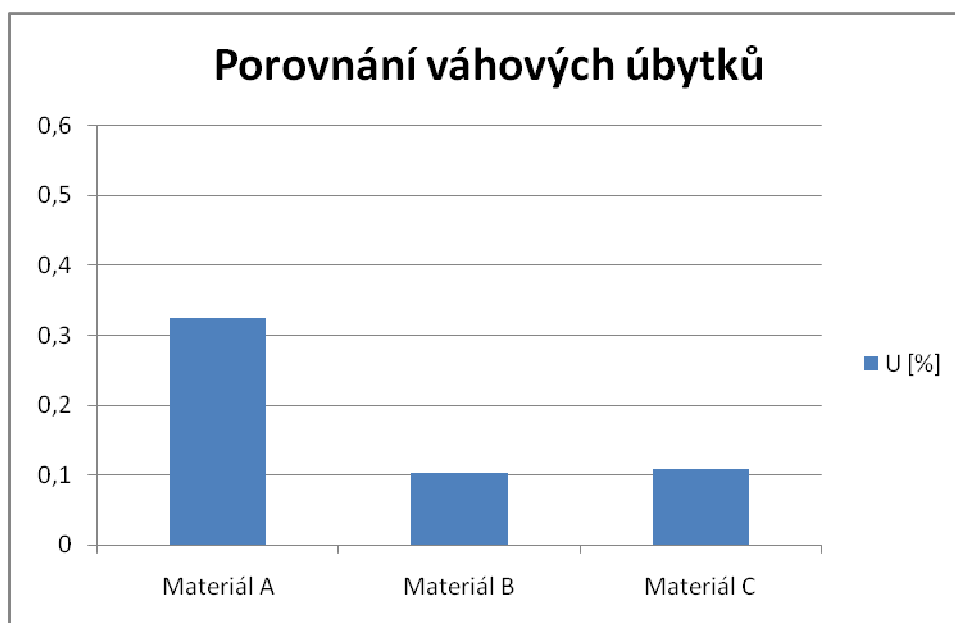


V grafu 3 je znázorněn váhový úbytek materiálu C, jenž byl měřen po 30 000 otáčkách. Rozdíly v měření jsou způsobeny nepravidelným nánosem lepicí složky při procesu kašírování.



Obrázek 12: Zkušební vzorek 4, materiál C. Vzhled poškození po zkoušce oděrem (vlevo) a vzhled originálu (vpravo).

Graf 4: Porovnání střední hodnoty váhového úbytku materiálů A, B a C.



Z grafu 4 plyne, že materiál A vykazuje větší váhový úbytek než ostatní materiály. Je to důsledek odlišnosti povrchové úpravy (kašírování) neoprenu. Jasně je zde znázorněno, že materiály B a C jsou odolnější než materiál A.

4.2.6 Shrnutí zkoušky oděrem

Z měření, výsledných a tabulek a grafů vyplývá, že odolnost v oděru neoprenového materiálu závisí na způsobu povrchové úpravy neoprenu. Materiál A, který byl po lícni straně upraven pouze metalickým nánosem, vydržel mnohem méně otáček při odírání (průměrně 11 500 otáček za minutu) než materiály, které byly potažené lycrovou zátaznou pleteninou (30 000 otáček za minutu).

Na výsledcích měření je i zřejmé, že odolnost v oděru u neoprenu, který je upraven metalovým nánosem, závisí na samotné struktuře chloroprenové matrice. Ta je nepravidelná, což je vidět na obrázku 1, a tím ovlivní míru odření materiálu na některých místech více než na jiných.

Ale i materiál, který v testech vykazuje nejmenší odolnost v oděru ze tří neoprenových materiálů, je v porovnání s bavlněnou tkaninou až pětinasobně odolnější. K porovnání byly použity výsledky zkoušky, kde M. Jakubíčková udává, že po 3000 otáčkách za minutu dochází k přetržení vazného bodu. [19]

Po zkoušce oděrem byly zkušební vzorky pomocí obrazové analýzy zdokumentovány, k nahlédnutí jsou fotografie v příloze 2, kde si lze povšimnout míry poškození jednotlivých materiálů.

4.3 Zkoušení tahových vlastností švů neoprenů

Pro experiment byla použita metoda Strip. Druhá varianta měření tahových vlastností švů se nazývá metoda Grab. Rozdíl mezi těmito metodami je především v přípravě zkušebních vzorků. Při metodě Strip se zhotovují vzorky ve tvaru kříže a při metodě Grab vypadají jako obdélník. [20,21]

4.3.1 Princip zkoušky

Zkušební vzorek o stanovených rozměrech má šev uprostřed a je natahován kolmo ke švu za konstantní rychlosti až do momentu přetržení švu. Zaznamenává se maximální síla nutná k přetrhu švu.

4.3.2 Zkušební přístroj

Ke zkoušce tahem byl použit trhací přístroj Testometric (viz obrázek 13) s konstantním přírůstkem prodloužení, který obsahuje zařízení pro odečet nebo záznam síly způsobující prodloužení vzorku až do jeho přetržení. Dále se přístroj skládá z čelistí, jejichž plochy jsou rýhované, aby materiál neprokluzoval. Celý materiál byl upnut do čelistí zkušebního přístroje jako na obrázku 17. [20]

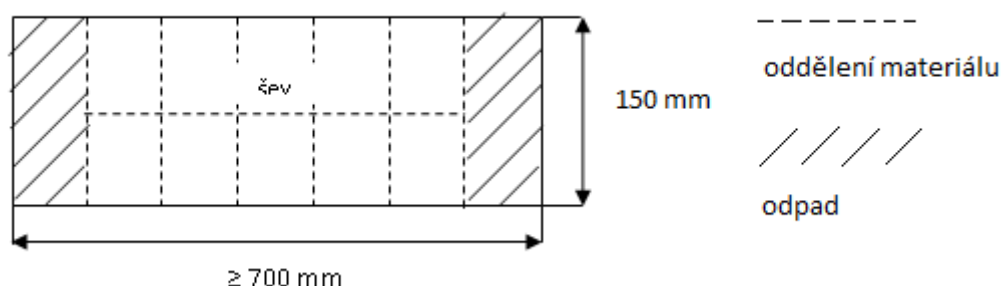


Obrázek 13: Trhací přístroj.

4.3.3 Příprava zkušebních vzorků

Bylo vyhotoveno pět zkušebních vzorků z každého materiálu (A, B, C) o celkové šířce 100 mm a délce 150 mm (délka musela být oproti normě zkrácena, protože byla zkrácena i upínací délka vzorku na 100 mm). [20]

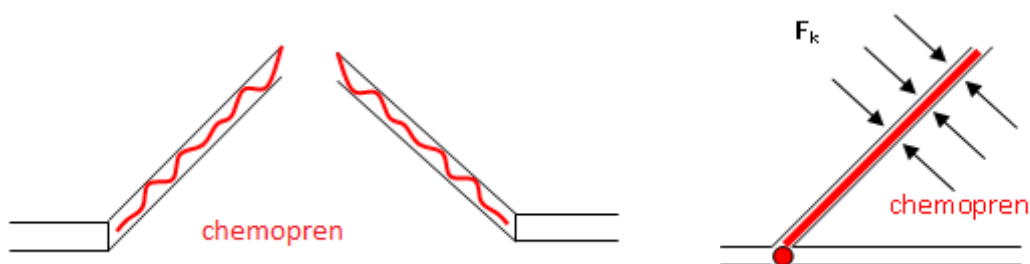
Nejdříve byly vzorky stříháním odděleny z materiálu, viz obrázek 14. Při stříhání byly vzorky upraveny na požadovaný tvar, zároveň byl kladen důraz na to, aby žádná část materiálu nebyla přestřižena. Následovalo spojení vzorků. Vzhledem k náročnosti a specifickým vlastnostem materiálu byl zvolen způsob spoje lepením a šitím.



Obrázek 14: Způsob oddělení vzorků z materiálu.

Lepení bylo provedeno pomocí prostředku „Chemopren“. Tenká vrstva lepidla byla nanášena pomocí štětce na každou stranu spoje, kde působila po dobu 15 minut. Poté byly spojeny obě strany spoje a lepidlo bylo do materiálu zatlačeno pomocí kleští silou F_k , jako na obrázku 15. Po těchto operacích následovala fixace chemoprenu do neoprenu, a to po dobu jednoho týdne.

Společnost Pattex, která Chemopren vyrábí, doporučuje minimální dobu fixace 24 hodin. V zájmu dokonalého spojení obou částí spoje byla doba fixace prodloužena na jeden týden.



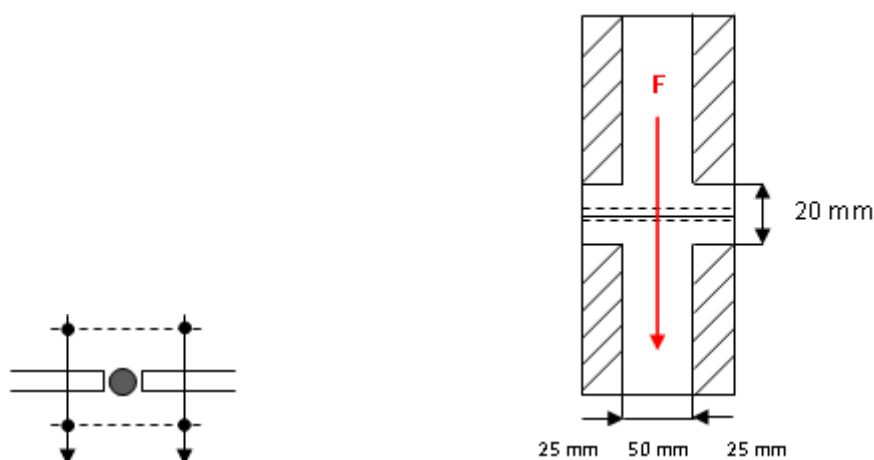
Obrázek 15: Lepení spoje.

Pozn.: Chemopren je kontaktní lepidlo na bázi polyuretanu ve směsi organických rozpouštědel. [22]

Po slepení zkušebního vzorku následovalo jeho prošití, které je názorné na obrázku 16. Byl zvolen doporučený jehelní systém SCHMETZ – UY 128 GAS, jemnost jehly 80 a oboustranně krycí steh třídy 600. [22]

Pro vytvoření stehu byly použity nitě SABA 50, dodané společností Amann s.r.o., která dané nitě pro neoprenový spoj doporučila. Jedná se o trojmoskanou nit ze 100 %-ního polyesteru.

Výsledkem je dotýkový šev třídy 200 viz obrázek 16. [23]



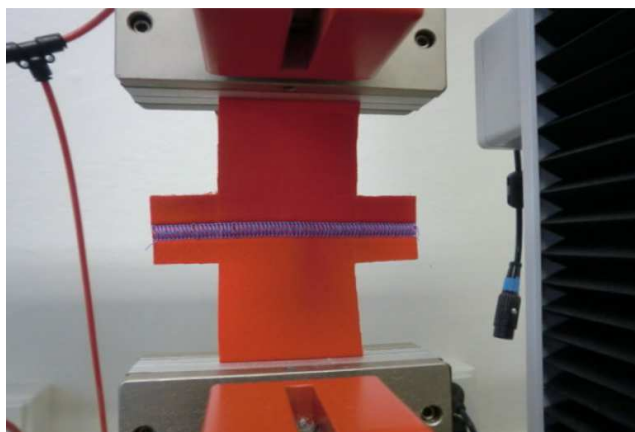
Obrázek 16: Grafické schéma spoje zkušebního vzorku a výsledná podoba zkušebního vzorku.

4.3.4 Postup zkoušky

Na trhačím přístroji bylo nutné nastavit základní parametry. Byla nastavena upínací délka $100 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, rychlost prodloužení $100 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, tloušťka vzorku (pro výpočet maximální síly a tažnosti) a prodloužení vzorku (100 mm).

Vzorek o rozměru $50 \times 200 \text{ mm}$ byl upnut tak, že jeho střední svislá osa procházela středem pneumatických čelistí (vzorek byl upnut do horních čelistí a zatížen pouze vlastní hmotností byl naveden do spodních čelistí, kam byl bez předpětí upnut).

Upnutí vzorku je názorně vidět na obrázku 17. Tahová síla působila kolmo ke švu. Tato síla spolu s tažností materiálu byla zaznamenána v příloze 3. Celý stroj byl ovládán počítačově. I výsledky vyhodnotil počítač.



Obrázek 17: Upnutí zkušební vzorku v čelistech trhačního přístroje.

4.3.5 Průběh zkoušky

Experimentální zkouška se skládala ze tří fází. V první fázi byl zkušební vzorek napínán do prodloužení 100 mm při rychlosti $100 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ (vzorek zde měřil 200 mm). Na konci tohoto kroku bylo napínání přerušeno po dobu 30 sekund. Cílem druhé fáze bylo prodloužení vzorku o dalších 100 mm (objekt zde měřil 300 mm). Ve třetí fázi proběhl návrat čelistí do původní polohy.

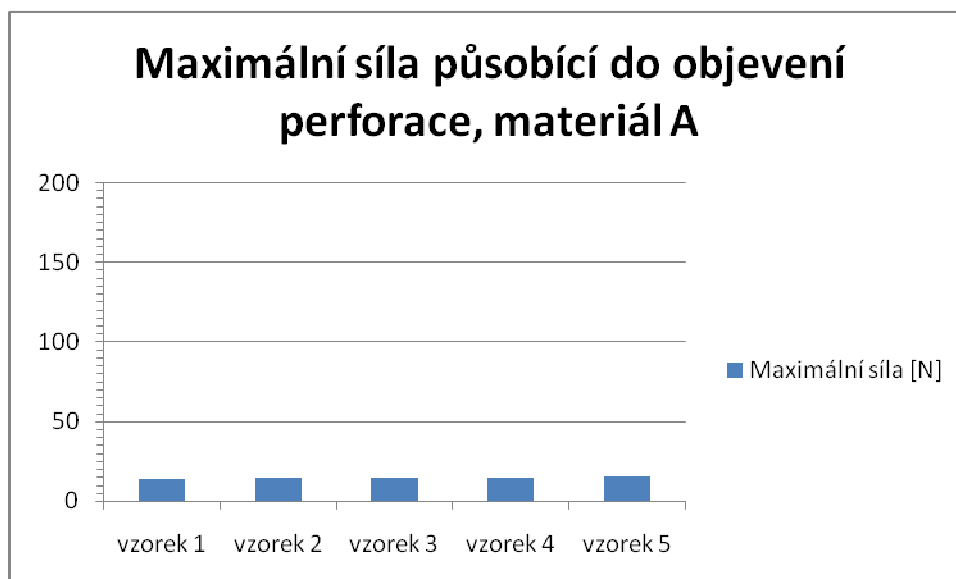
V průběhu zkoušky byl sledován stav materiálu a hodnoceného švu. Během napínání nebyl u žádného vzorku neporušen steh (nepraskla nit), ani nedošlo k přetržení ve švu. U všech vzorků došlo ke zvětšení otvorů (perforaci) po vpichu jehly. Pouze u jednoho vzorku došlo k rozlepení spoje o velikosti 2 mm.

Z toho vyplývá, že při zkoušce nebyla hodnocena síla potřebná k přetrhu nitě ve švu, ale byla hodnocena síla, při které došlo k perforaci.

4.3.6 Výsledky tahové zkoušky

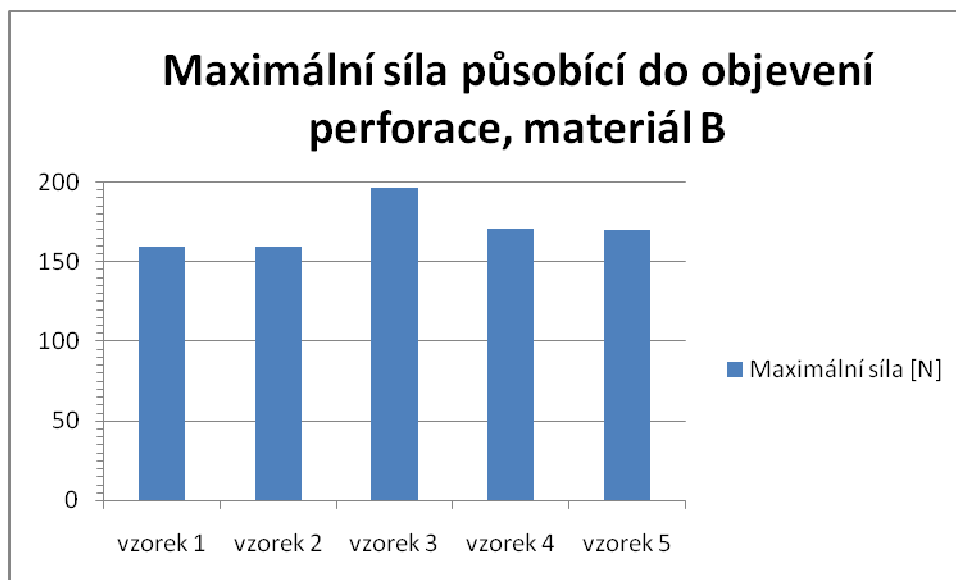
V následujících grafech jsou zpracovány výsledky zkoušky tahem na přístroji Testometric. Další informace o výsledcích měření lze nalézt v příloze 3, zde je evidována fotodokumentace a tabulky s výslednými hodnotami a výsledky.

Graf 5: Graf vyjadřující maximální sílu působící na každý vzorek materiálu A.



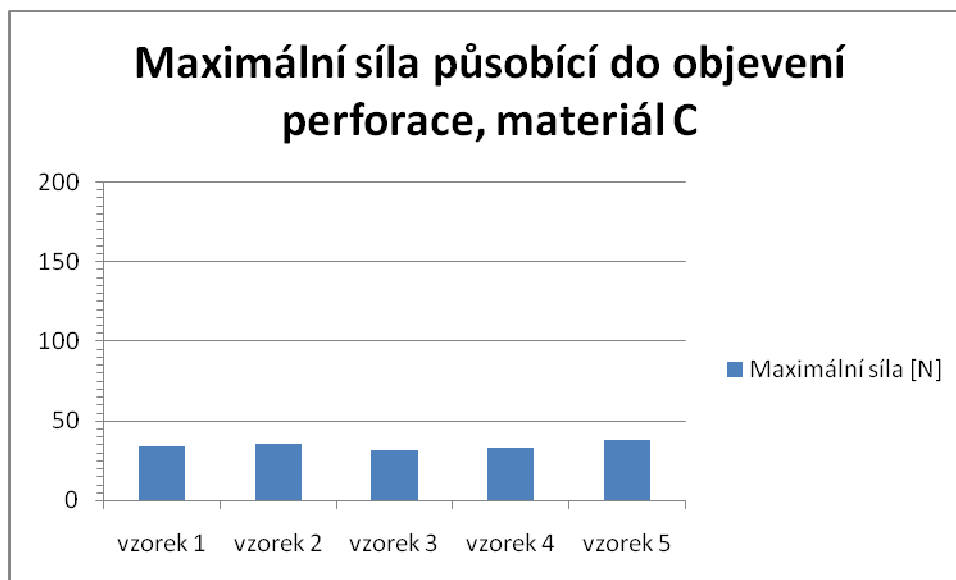
V grafu 5 je znázorněna velikost maximální tažné síly v N, která působila na materiál do objevení perforace (prodloužení 100 mm). Z grafu 5 vyplývá, že se zde neobjevují výrazné odchylky v měření.

Graf 6: Graf vyjadřující maximální sílu působící na každý vzorek materiálu B.



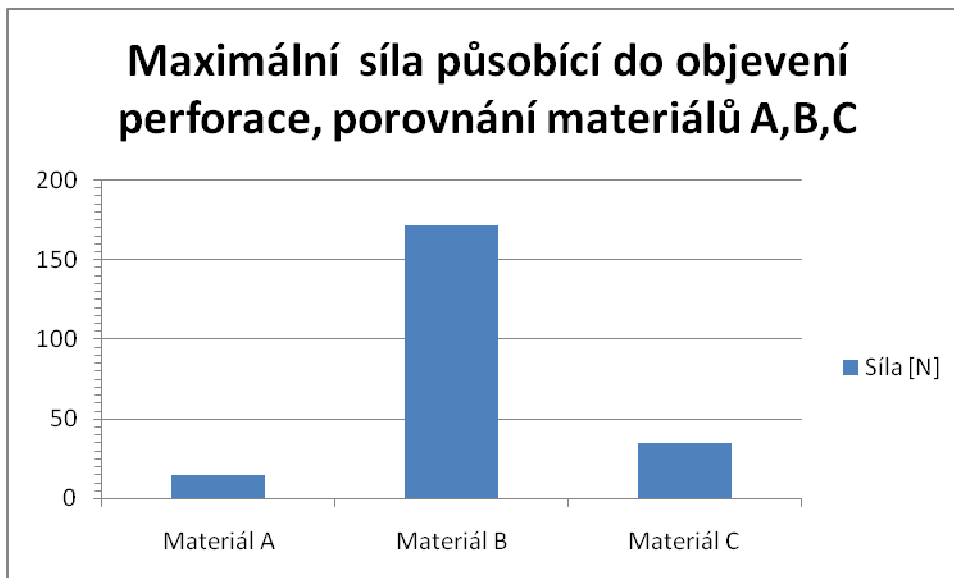
Graf 6 znázorňuje působení maximální tažné síly, která působila na každý vzorek materiálu B do objevení perforace. Lze si povšimnout, že vzorek 3 vykazuje vyšší maximální tažnou sílu než ostatní čtyři vzorky. Je to důsledek šikmého upnutí vzorku do čelistí trhacího přístroje viz příloha 3.

Graf 7: Graf vyjadřující maximální sílu působící na každý vzorek materiálu C.



V grafu 7 je znázorněna velikost maximální tažné síly, která působila na každý vzorek materiálu C do objevení perforace. Při měření se neobjevily výrazné odchylky měření.

Graf 8: Maximální síla působící do objevení perforace. Porovnání materiálů A, B a C.



Z grafu 8 lze vyčíst, že síla potřebná k porušení švu je závislá na tloušťce materiálu. Čím je materiál silnější, tím větší síla je potřebná k narušení ve švu. Materiál A měl tloušťku 1,5 mm a síla potřebná k porušení materiálu byla 14,6 N. Naopak k porušení nejsilnějšího materiálu C, o tloušťce 3 mm, byla potřeba síla 171,12 N.

4.3.7 Shrnutí zkoušky tahem

Z výsledků zkoušky tahem plyne, že pevnost neoprenového švu je závislá na tloušťce materiálu, za předpokladu, že je použit stejný spoj. Samotný spoj je dostatečně pevný, ale k narušení, resp. perforaci, dochází v místě průchodu jehly materiálem, lze shlédnout v příloze 3, kde je evidována fotodokumentace celého testu.

5 Vyhodnocení laboratorních zkoušek testovaných materiálů

V rešeršní části práce bylo objasněno materiálové složení neoprenu a byl zde v základních rysech popsán způsob výroby neoprenového materiálu. V této části byly rovněž shrnuty základní typy neoprenových obleků. Zároveň z těchto kapitol vyplývá, že je nutné zaměřit se na užité vlastnosti, které byly následně testovány.

V testu byla především zjištěna míra odolnosti neoprenového materiálu a jeho spojů pomocí mechanických testů.

V prvním měření byla zkoumána odolnost tří druhů neoprenového materiálu (A, B, C) v oděru na přístroji Martindale. Výsledkem měření je, že neopren upravený metalickým nánosem odolal 11 500 otáčkám vlněné oděrací textilie, kdy bylo objeveno porušení povrchu materiálu, viz tabulka č. 4. Materiál, který byl nakaširován lycrovou pleteninou, odolal 30 000 otáčkám vlněné oděrací textilie, viz tabulky č. 5 a 6, kdy bylo objeveno bodové prodření textilie. Z výsledků testu vyplývá, že odolnost v oděru je závislá na druhu kaširované textilie, případně na způsobu nánosu na neoprenovou pryž. Obecně platí, že čím trvanlivější je samotná kaširovaná textilie, tím odolnější je neopren.

Při zkoušení tahových vlastností švů, které bylo prováděno na přístroji Testometric, byla zjištěna maximální tahová síla působící do objevení perforace. Tato maximální síla je dvojnásobně větší než běžná síla. Bylo zjištěno, že pevnost neoprenového švu je závislá na tloušťce materiálu. Materiál s větší tloušťkou vykazuje vyšší pevnost než materiál s tloušťkou menší, viz graf č. 8. Samotný spoj se jeví dostatečně pevný.

Výsledky práce mohou být používány výrobci a prodejci neoprenů např. pro porovnání kvality materiálu a spojů při výrobě a prodeji neoprenových obleků.

Použitá literatura a zdroje

- [1] Potápěčské webové stránky Žabáci [online]. [cit. 18. 4. 2011]. Dostupné na <<http://www.zabaci.cz/potapeni/86-neopren.html>>.
- [2] Webové stránky o neoprenech – Neopreny.sk [online]. [cit. 18. 4. 2011]. Dostupné na <<http://neopreny.sk/co-je-neopren/>>.
- [3] Tomáš Sládek, Zdeněk Šrainer [online]. [cit. 18. 4. 2011]. Dostupné na <<http://www.stranypotapecske.cz/vystroj/vyroba-neopren.asp?str=200801221114380>>.
- [4] Dokumentace produktů firmy Sedo Chemicals Neoprene GmbH [online]. [cit. 18. 4. 2011]. Dostupné na <<http://www.sedochemicals.de/index2.php?sprache=de&id=product>>.
- [5] Dokumentace firmy Sittech [online]. [cit. 18. 4. 2011]. Dostupné na <<http://www.sittech.cz/pryz/zaklad.htm>>.
- [6] Dokumentace produktů firmy Hansanet s.r.o. [online]. [cit. 18. 4. 2011]. Dostupné na <<http://www.rempo.cz/oddeleni/28/Neopren-CR-SBR.aspx>>.
- [7] Technické poradenství firmy Enables s.r.o. [online]. [cit. 18. 4. 2011]. Dostupné na <www.encables.cz/data/elektricke-kabely-obecne.pdf>.
- [8] Ústní zdroj. Ladislav Maxa.
- [9] Webové stránky o potápění. Freeride.cz [online]. [cit. 1. 11. 2011]. Dostupné na: <<http://www.highlife.cz/beuchat-mokry-oblek-beuchat-artika-v4796>>.
- [10] Internetová encyklopedie. Wikipedia [online]. [cit. 18. 4. 2011]. Dostupné na <http://cs.wikipedia.org/wiki/Neoprenov%C3%A11_kombin%C3%A9za>.

- [11] Dokumentace produktů firmy Agama – DIVING s.r.o. Agama – DIVING s.r.o. [cit. 1. 11. 2011]. Dostupné na: <http://www.agama-diving.cz/index.php?page=shop.browse&category_id=7&option=com_virtuemart&Itemid=24>.
- [12] Dokumentace produktů firmy HIGH LIFE Store s.r.o. HIGH LIFE Store s.r.o. [cit. 1. 11. 2011]. Dostupné na: <<http://www.highlife.cz/beuchart-mokry-oblek-beuchart-artika-v4796>>.
- [13] Webové stránky produktů firmy Snadesub. Snakesub [online]. [cit. 1. 11. 2011]. Dostupné na: <<http://eshop.snakesub.cz/oblek-walea-3-5mm-na-freediving,524.html>>.
- [14] Růžičková, D. Oděvní materiály, Liberec, 2003, elektronická skripta FT[online]. [cit. 1. 11. 2011]. Dostupné na: <<http://skripta.ft.tul.cz/database>>.
- [15] Fléglová, Z.: Zpracovatelské vlastnosti oděvních materiálů, elektronická skripta FT[online]. [cit. 1. 11. 2011]. Dostupné na: <<http://skripta.ft.tul.cz/database>>.
- [16] Kovačič, V. Zkoušení textilií II, elektronická skripta FT[online]. [cit. 1. 11. 2011]. Dostupné na: <<http://skripta.ft.tul.cz/database>>.
- [17] ČSN EN ISO 12947 – 1-4 Textilie – Zjišťování odolnosti plošných textilií v oděru metodou Martindale. Český normalizační institut, Praha 1999.
- [18] ČSN EN ISO 139 Textilie – Normální ovzduší pro klimatizování a zkoušení. Český normalizační institut, Praha 2005.
- [19] Jakubičková M.: bakalářská práce, Uvolňování prachu z bavlněné textilie, Liberec 2011.

- [20] ČSN EN ISO 13935-1 Textilie – Tahové vlastnosti švů plošných textilií a konfečních výrobků – Část 1: Zjišťování maximální síly do přetrhu švu metodou Strip. Český normalizační institut, Praha 1999.
- [21] ČSN EN ISO 13935-2 Textilie – Tahové vlastnosti švů plošných textilií a konfečních výrobků – Část 2: Zjišťování maximální síly do přetrhu švu metodou Grab. Český normalizační institut, Praha 1999.
- [22] Přehled produktů firmy Pattex. Pattex. [cit. 1. 11. 2011]. Dostupné na: <<http://www.chemopren.cz>>.
- [23] ISO 4916 Textilie – Druhy švů. Třídění a terminologie, 1991.
- [24] ČSN ISO 4915 Textilie – Druhy stehů. Třídění a terminologie. Český normalizační institut, Praha 1994.

Seznam tabulek a grafů

Tabulka 1: Rozdělení druhů neoprenů.....	27
Tabulka 2: Vlastnosti jednotlivých druhů neoprenů.....	28
Tabulka 3: Charakteristika materiálů testovaných v experimentální části.	29
Tabulka 4: Výsledky zkoušky v oděru pro materiál A, výpočet váhového úbytku.....	34
Tabulka 5: Výsledky zkoušky v oděru pro materiál B, výpočet váhového úbytku.	36
Tabulka 6: Výsledky zkoušky v oděru pro materiál C, výpočet váhového úbytku.	38
Graf 1: Vyjádření váhového úbytku pro jednotlivé vzorky materiálu A.....	35
Graf 2: Vyjádření váhového úbytku pro jednotlivé vzorky materiálu B.	37
Graf 3: Vyjádření váhového úbytku pro jednotlivé vzorky materiálu C.	38
Graf 4: Porovnání střední hodnoty váhového úbytku jednotlivých materiálů.	39
Graf 5: Graf vyjadřující maximální sílu působící na každý vzorek materiálu A.....	45
Graf 6: Graf vyjadřující maximální sílu působící na každý vzorek materiálu B.	46
Graf 7: Graf vyjadřující maximální sílu působící na každý vzorek materiálu C.....	47
Graf 8: Maximální síla působící do objevení perforace. Porovnání materiálů A, B a C.	48

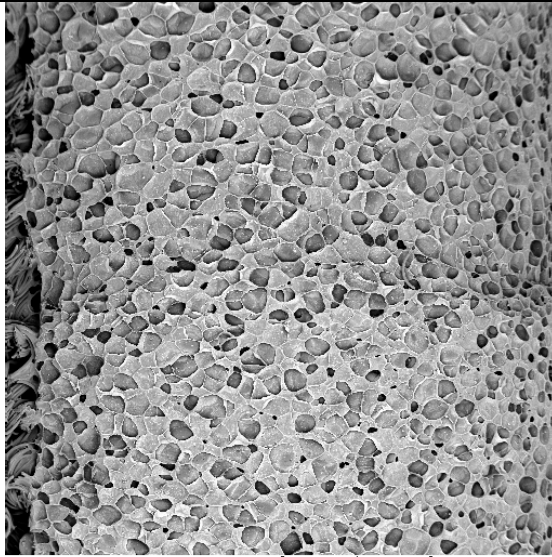
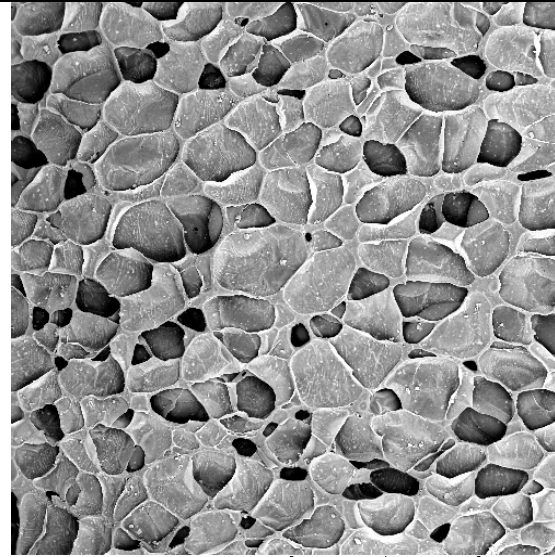
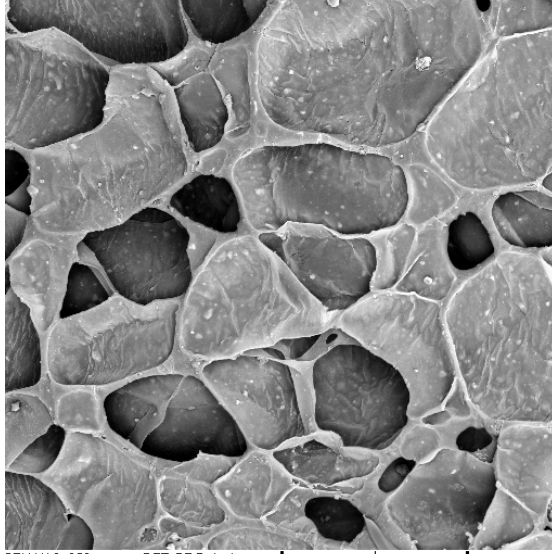
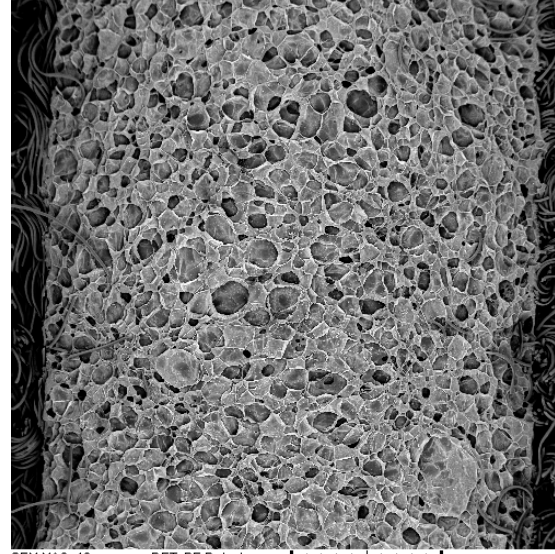
Seznam obrázků

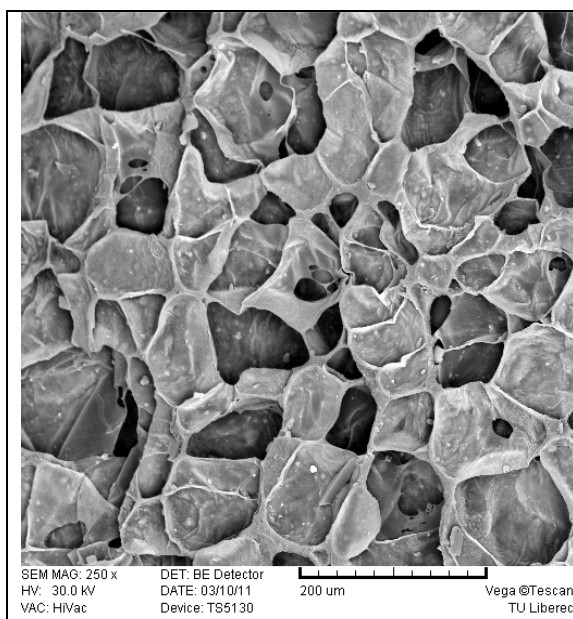
Obrázek 1: Řez neoprenem, stonásobně zvětšený pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu VEGA-TESCAN, viz příloha 1, obrázek 12.	10
Obrázek 2: Polymerizační reakce chloroprenu. Vlevo je chloropren a z něj vpravo vzniká polychloropren, popisuje [7].	11
Obrázek 3: Syntetický kaučuk (vlevo), gumárenská směs (vpravo).	12
Obrázek 4: Patrový vulkanizační lis.	13
Obrázek 5: Slab.	13
Obrázek 6: Mokrý oblek dle [12].	16
Obrázek 7: Suchý oblek, 6,5 mm silný neopren, švy jsou lepeny a oboustranně šity popisuje [11].	17
Obrázek 8: Polosuchý oblek [12].	18
Obrázek 9: Freedivingový oblek, 5 mm silný neopren. Oblek značky Walea má na kolenech a loktech odolnou vrstvu proti prodření.	18
Obrázek 10: Zkušební vzorek 3, materiál A. Vzhled poškození po zkoušce oděrem (vlevo) a vzhled originálu (vpravo).	36
Obrázek 11: Zkušební vzorek 4, materiál B. Vzhled poškození po zkoušce oděrem (vlevo) a vzhled originálu (vpravo).	37
Obrázek 12: Zkušební vzorek 4, materiál C. Vzhled poškození po zkoušce oděrem (vlevo) a vzhled originálu (vpravo).	39
Obrázek 13: Trhací přístroj.	41
Obrázek 14: Způsob vystřížení vzorků z materiálu.	42
Obrázek 15: Lepení spoje.	42
Obrázek 16: Grafické schéma spoje zkušebního vzorku a výsledná podoba zkušebního vzorku.	43
Obrázek 17: Upnutí zkušebního vzorku v čelistech trhacího přístroje.	44

Seznam příloh

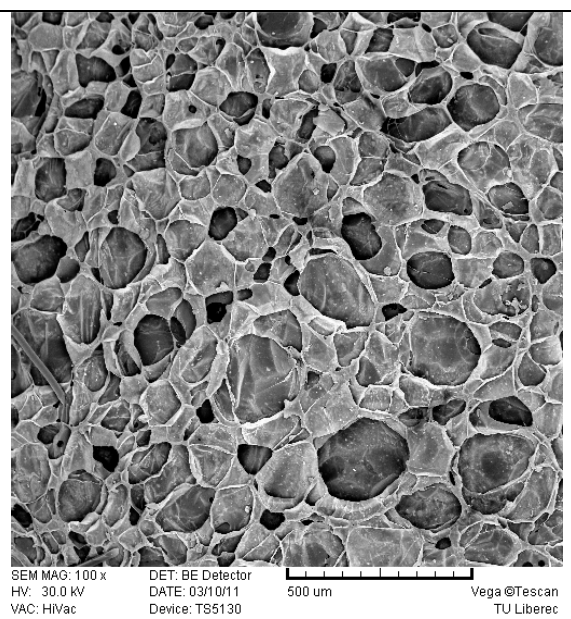
Příloha 1: Snímky z rastrového mikroskopu VEGA-TESCAN	55
Příloha 2: Tabulky výsledků a vzhled vzorků po zkoušce oděrem.	58
Příloha 3: Vzhled vzorků a tabulky výsledků po tahové zkoušce	63

Snímky z rastrového mikroskopu VEGA-TESCAN

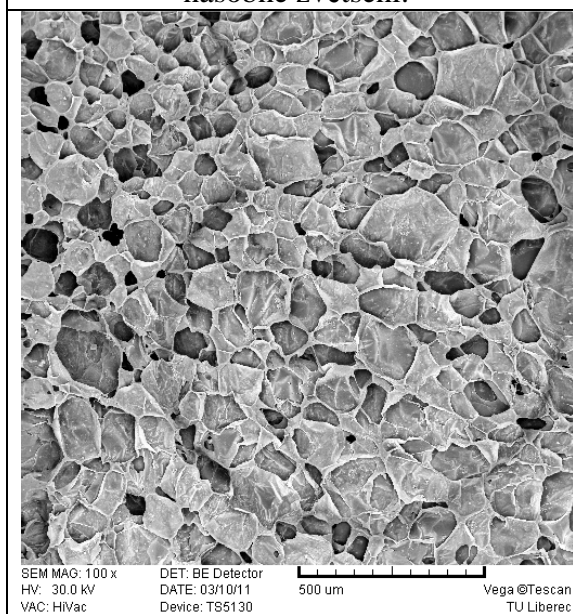
 <p>SEM MAG: 40 x HV: 30.0 kV VAC: HiVac DET: BE Detector DATE: 03/10/11 Device: TS5130 1 mm Vega ©Tescan TU Liberec</p>	 <p>SEM MAG: 100 x HV: 30.0 kV VAC: HiVac DET: BE Detector DATE: 03/10/11 Device: TS5130 500 um Vega ©Tescan TU Liberec</p>
<p>Obrázek 1: Snímek materiálu A, 40-ti násobné zvětšení.</p>	<p>Obrázek 2: Snímek materiálu A, 100 násobné zvětšení.</p>
 <p>SEM MAG: 250 x HV: 30.0 kV VAC: HiVac DET: BE Detector DATE: 03/10/11 Device: TS5130 200 um Vega ©Tescan TU Liberec</p>	 <p>SEM MAG: 40 x HV: 30.0 kV VAC: HiVac DET: BE Detector DATE: 03/10/11 Device: TS5130 1 mm Vega ©Tescan TU Liberec</p>
<p>Obrázek 3: Snímek materiálu A, 250-ti násobné zvětšení.</p>	<p>Obrázek 4: Snímek materiálu B, 40-ti násobné zvětšení.</p>



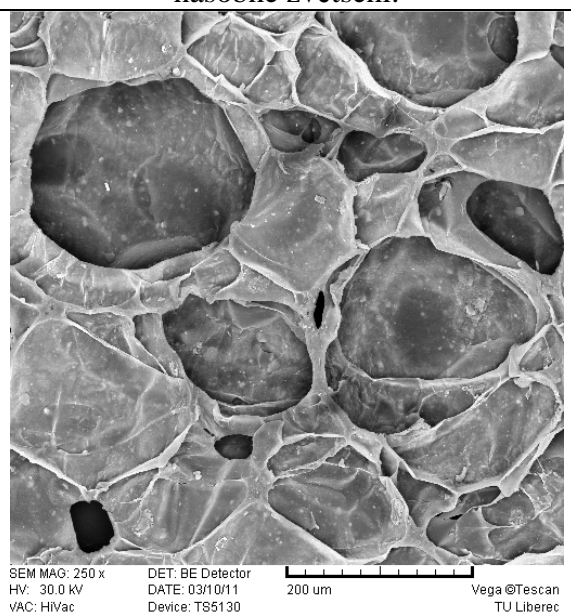
Obrázek 5: Snímek materiálu B, 250-ti násobné zvětšení.



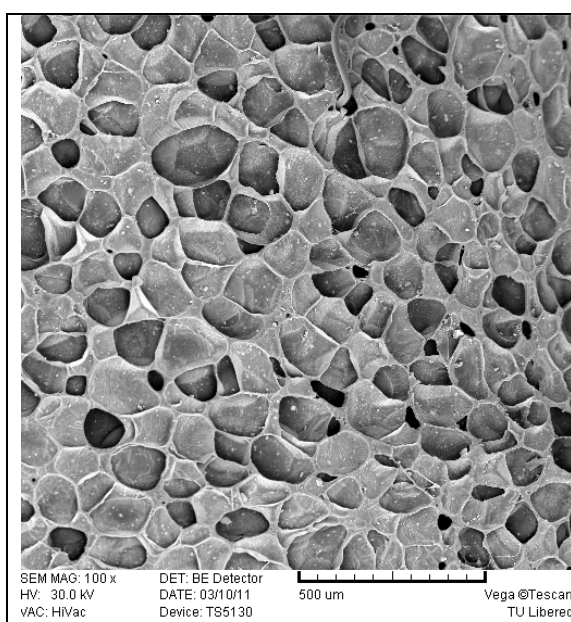
Obrázek 6: Snímek materiálu B, 100 násobné zvětšení.



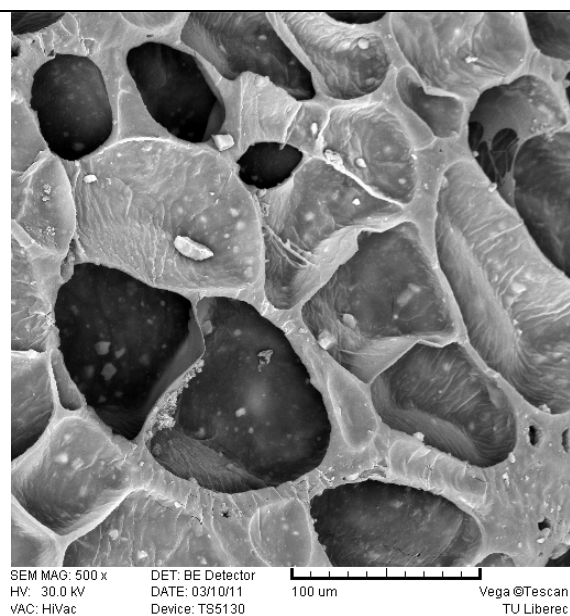
Obrázek 7: Snímek materiálu B, 100 násobné zvětšení.



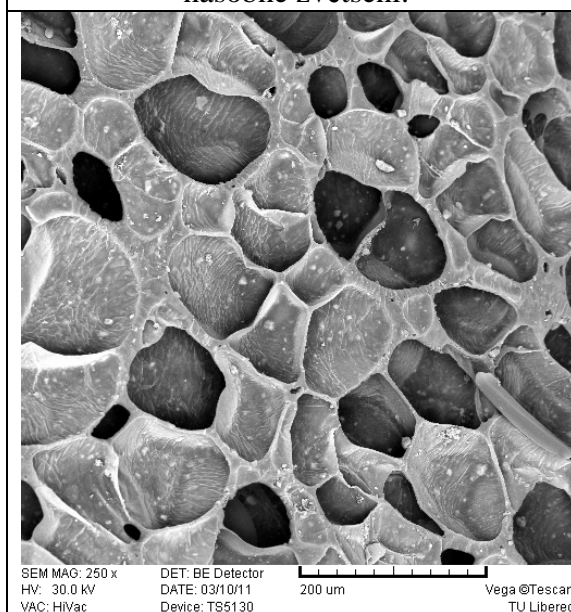
Obrázek 8: Snímek materiálu B, 250-ti násobné zvětšení.



Obrázek 9: Snímek materiálu C, 100 násobné zvětšení.



Obrázek 10: Snímek materiálu C, 500-ti násobné zvětšení.



Obrázek 11: Snímek materiálu C, 250-ti násobné zvětšení.



Obrázek 12: rastrovací elektronový mikroskop VEGA-TESCAN

Tabulky výsledků a vzhled vzorků po zkoušce oděrem.

Tabulka 1: Výsledky zkoušky oděrem a statistické výpočty pro materiál A.

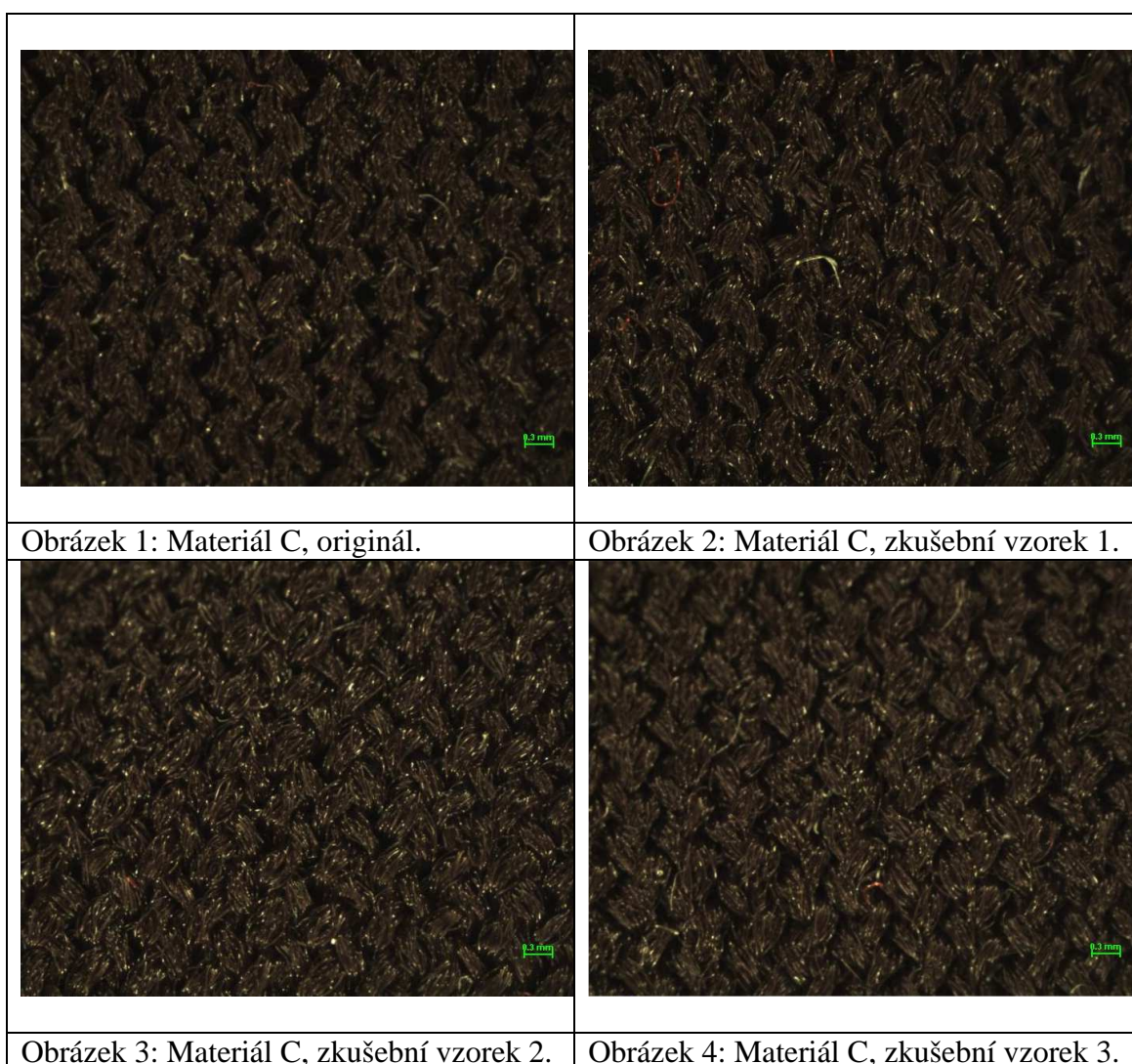
	m₁ [g]	m₂ [g]	U [%]	n [min⁻¹]
Vzorek 1	0,6661	0,6649	0,18	15 000
Vzorek 2	0,6464	0,6427	0,57	9 500
Vzorek 3	0,6549	0,6531	0,27	12 000
Vzorek 4	0,6478	0,646	0,28	9 500
Průměr	0,6538	0,651675	0,325	11 500
Směrodatná odchylka	0,0077984	0,008510104	0,146714	2263,84628
Variační koeficient [%]	6,0815E-05	7,24219E-05	0,021525	5125000

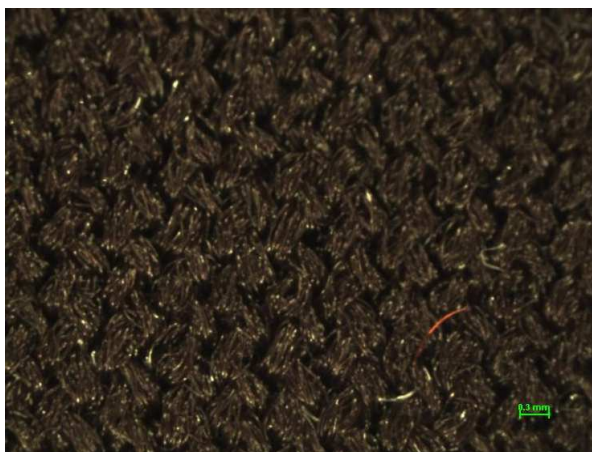
Tabulka 2: Výsledky zkoušky oděrem a statistické výpočty pro materiál B.

	m₁ [g]	m₂ [g]	U [%]	n [min⁻¹]
Vzorek 1	0,8732	0,8731	0,011	30 000
Vzorek 2	0,8975	0,8973	0,022	30 000
Vzorek 3	0,9783	0,9769	0,143	30 000
Vzorek 4	0,8938	0,8917	0,235	30 000
Průměr	0,9107	0,90975	0,10275	30 000
Směrodatná odchylka	0,04011191	0,03979055	0,09226152	0
Variační koeficient [%]	0,00160897	0,00158329	0,00851219	0

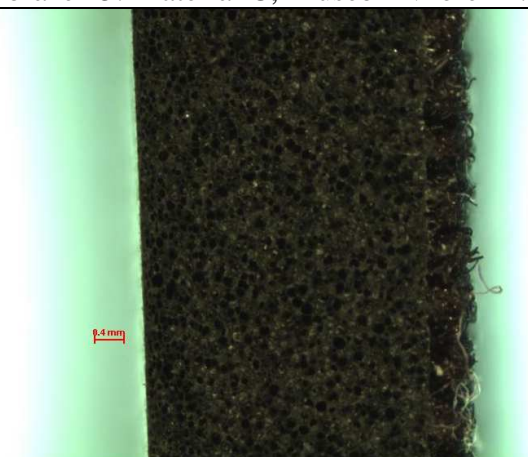
Tabulka 3: Výsledky zkoušky oděrem a statistické výpočty pro materiál C.

	m_1 [g]	m_2 [g]	U [%]	n [min^{-1}]
Vzorek 1	0,7492	0,749	0,027	30 000
Vzorek 2	0,7574	0,7571	0,04	30 000
Vzorek 3	0,7733	0,7718	0,194	30 000
Vzorek 4	0,8119	0,8105	0,172	30 000
Průměr	0,77295	0,7721	0,10825	30 000
Směrodatná odchylka	0,024099	0,023629	0,075294	0
Variační koeficient [%]	0,000581	0,000558	0,005669	0





Obrázek 5: Materiál C, zkušební vzorek 4.



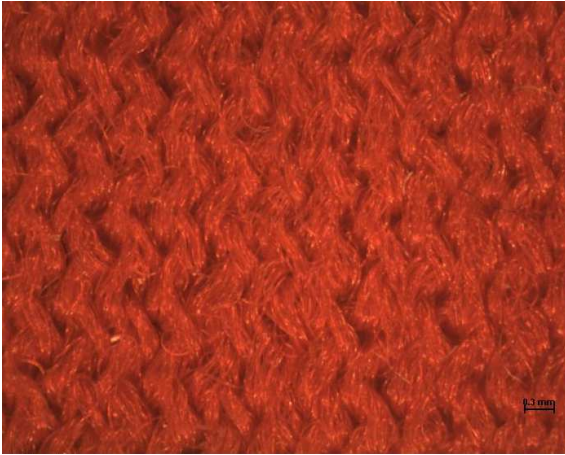
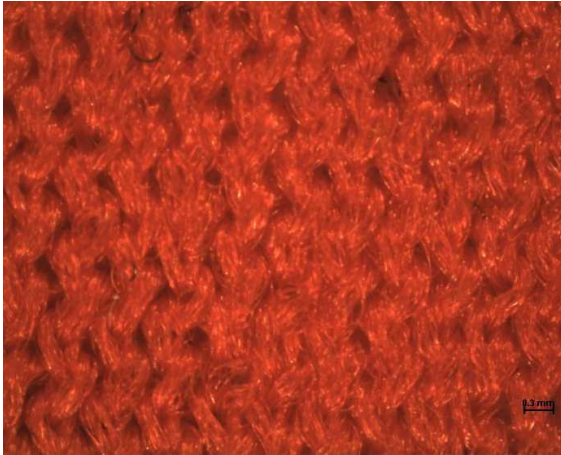
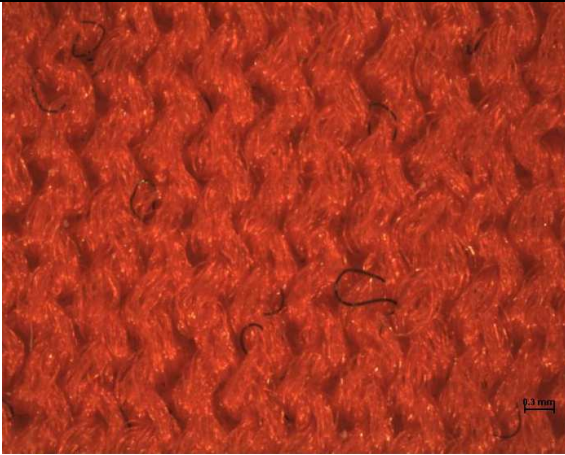
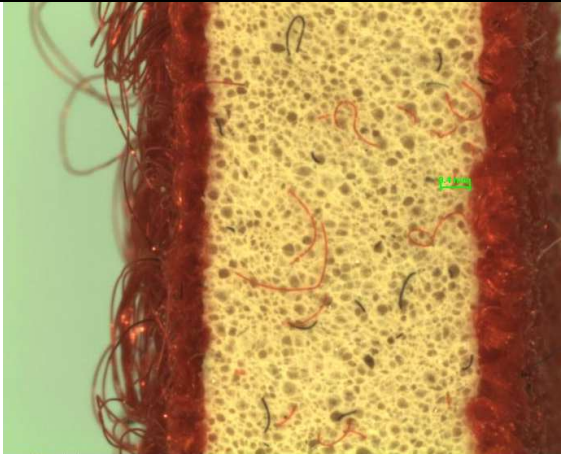
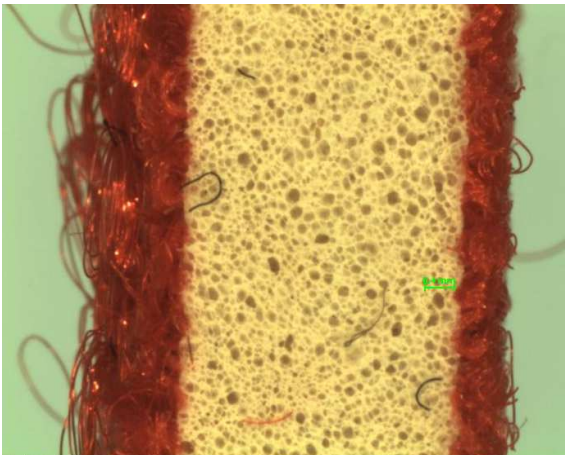
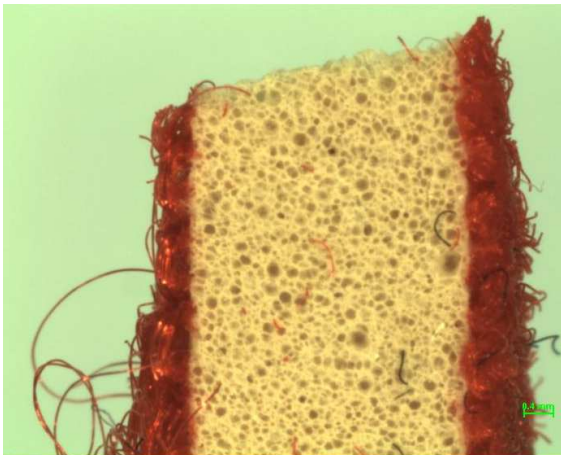
Obrázek 6: Materiál C, průřez vzorkem.

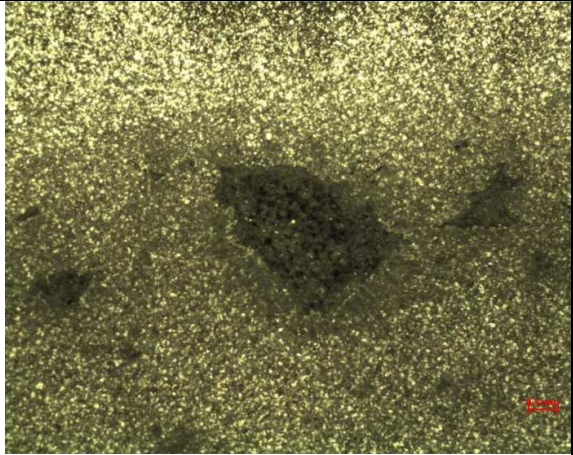
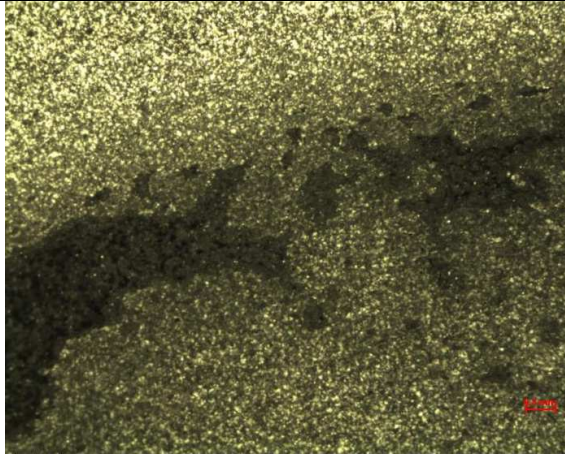
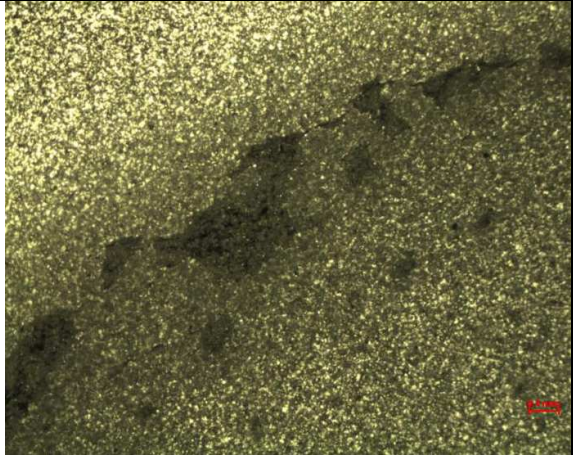
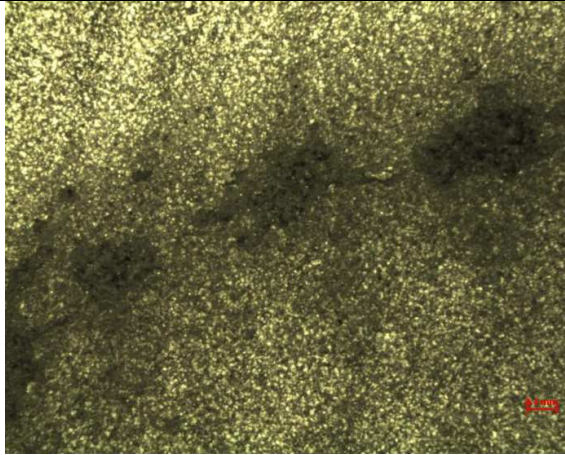
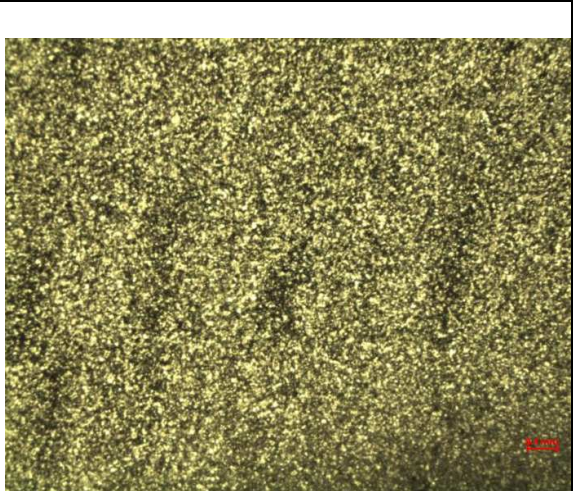
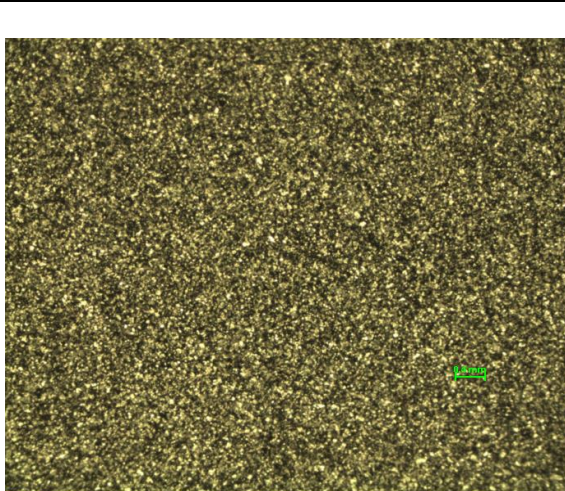


Obrázek 7: Materiál B, zkušební vzorek 1.

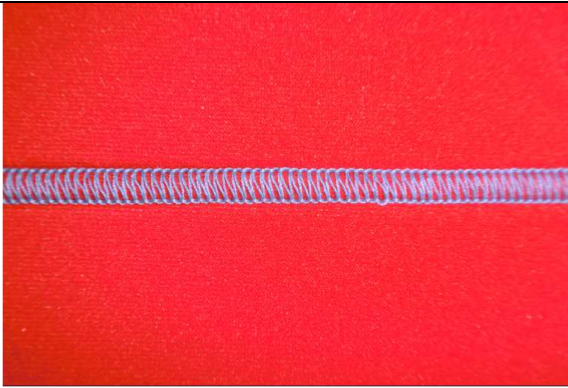







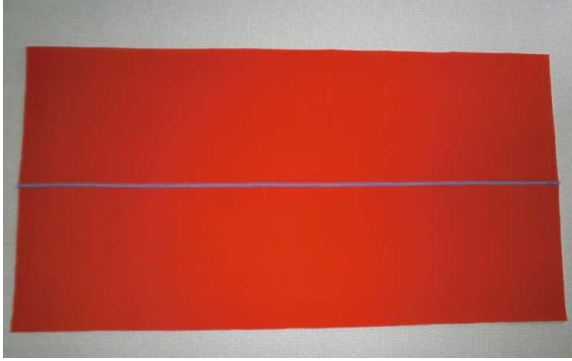
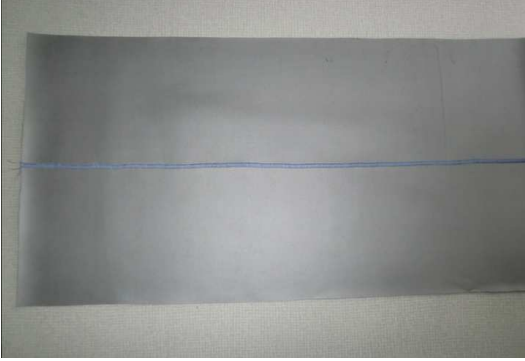
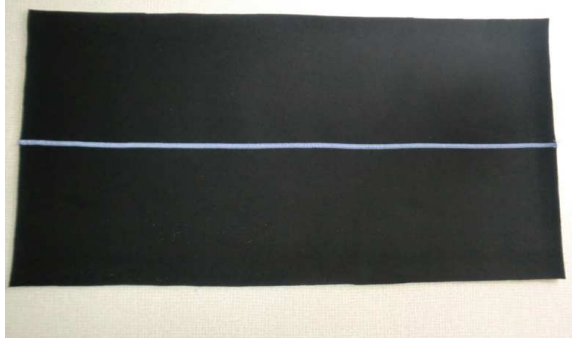
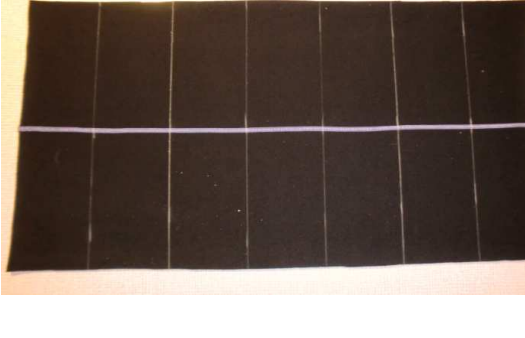
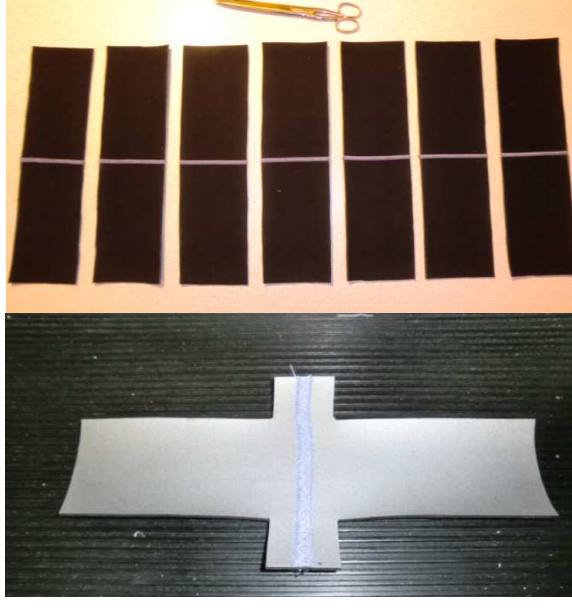

Obrázek 8: Materiál B, zkušební vzorek 2.

	
<p>Obrázek 9: Materiál B, zkušební vzorek 3.</p>	<p>Obrázek 10: Materiál B, zkušební vzorek 4.</p>
	
<p>Obrázek 11: Materiál B, originál.</p>	<p>Obrázek 12: Materiál B, průřez vzorkem.</p>
	
<p>Obrázek 13: Materiál B, průřez vzorkem.</p>	<p>Obrázek 14: Materiál B, průřez vzorkem.</p>

	
<p>Obrázek 15: Materiál A, zkušební vzorek 1.</p>	<p>Obrázek 16: Materiál A, zkušební vzorek 2.</p>
	
<p>Obrázek 17: Materiál A, zkušební vzorek 3.</p>	<p>Obrázek 18: Materiál A, zkušební vzorek 4.</p>
	
<p>Obrázek 19: Materiál A, zkušební vzorek 4.</p>	<p>Obrázek 20: Materiál A, originál.</p>

Vzhled vzorků a tabulky výsledků po tahové zkoušce

	
<p>Obrázek 1: Připravený spoj pro zkoušku tahem. Líc materiálu B.</p>	<p>Obrázek 2: Připravený spoj pro zkoušku tahem. Rub materiálu B.</p>
	
<p>Obrázek 3: Připravený spoj pro zkoušku tahem. Líc materiálu A.</p>	<p>Obrázek 4: Připravený spoj pro zkoušku tahem. Rub materiálu A.</p>
	
<p>Obrázek 5: Připravený spoj pro zkoušku tahem. Líc materiálu C.</p>	<p>Obrázek 6: Připravený spoj pro zkoušku tahem. Rub materiálu C.</p>

	
<p>Obrázek 7: Připravený spoj pro zkoušku tahem. Líc materiálu B.</p>	<p>Obrázek 8: Připravený spoj pro zkoušku tahem. Líc materiálu A.</p>
	
<p>Obrázek 9: Připravený spoj pro zkoušku tahem. Líc materiálu C.</p>	<p>Obrázek 10: Příprava vzorků pro zkoušku tahem.</p>
	
<p>Obrázek 11: Příprava vzorků pro zkoušku tahem.</p>	<p>Obrázek 12: Trhací přístroj „Testometric“.</p>



Obrázek 13: Zkušební vzorek 1, materiál A. Stav po kroku 1 (prodloužení 100 mm).



Obrázek 14: Zkušební vzorek 1, materiál A. Stav po kroku 1 (prodloužení 100 mm).



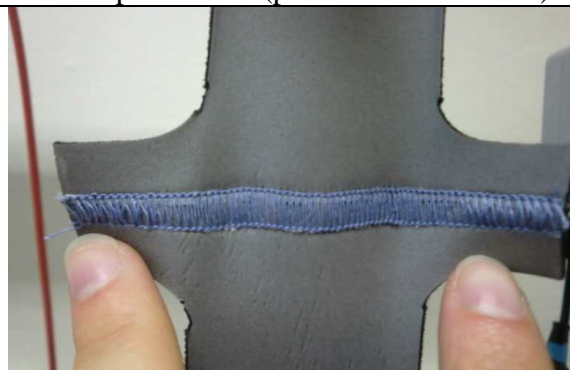
Obrázek 15: Zkušební vzorek 1, materiál A. Stav po kroku 2 (prodloužení 200 mm).









Obrázek 16: Zkušební vzorek 1, materiál A. Stav po kroku 2 (prodloužení 200 mm).















Obrázek 17: Zkušební vzorek 2, materiál A. Stav po kroku 1 (prodloužení 100 mm).



Obrázek 18: Zkušební vzorek 2, materiál A. Stav po kroku 1 (prodloužení 100 mm).

	
<p>Obrázek 19: Zkušební vzorek 2, materiál A. Stav po kroku 2 (prodloužení 200 mm).</p>	<p>Obrázek 20: Zkušební vzorek 2, materiál A. Stav po kroku 2 (prodloužení 200 mm).</p>
	
<p>Obrázek 21: Zkušební vzorek 3, materiál A. Stav po kroku 1 (prodloužení 100 mm).</p>	<p>Obrázek 22: Zkušební vzorek 3, materiál A. Stav po kroku 1 (prodloužení 100 mm).</p>
	
<p>Obrázek 23: Zkušební vzorek 3, materiál A. Stav po kroku 1 (prodloužení 100 mm).</p>	<p>Obrázek 24: Zkušební vzorek 3, materiál A. Stav po kroku 2 (prodloužení 200 mm).</p>

	
<p>Obrázek 25: Zkušební vzorek 3, materiál A. Stav po kroku 2 (prodloužení 200 mm).</p>	<p>Obrázek 26: Zkušební vzorek 3, materiál A. Stav po kroku 2 (prodloužení 200 mm).</p>
	
<p>Obrázek 27: Zkušební vzorek 4, materiál A. Stav po kroku 1 (prodloužení 100 mm).</p>	<p>Obrázek 28: Zkušební vzorek 4, materiál A. Stav po kroku 1 (prodloužení 100 mm).</p>
	
<p>Obrázek 29: Zkušební vzorek 4, materiál A. Stav po kroku 2 (prodloužení 200 mm).</p>	<p>Obrázek 30: Zkušební vzorek 4, materiál A. Stav po kroku 2 (prodloužení 200 mm).</p>

	
Obrázek 31: Zkušební vzorek 4, materiál A. Stav po kroku 2 (prodloužení 200 mm).	Obrázek 32: Zkušební vzorek 5, materiál A. Stav po kroku 1 (prodloužení 100 mm).
	
Obrázek 33: Zkušební vzorek 5, materiál A. Stav po kroku 1 (prodloužení 100 mm).	Obrázek 34: Zkušební vzorek 5, materiál A. Stav po kroku 1 (prodloužení 100 mm).
	
Obrázek 35: Zkušební vzorek 5, materiál A. Stav po kroku 2 (prodloužení 200 mm).	Obrázek 36: Zkušební vzorek 5, materiál A. Stav po kroku 2 (prodloužení 200 mm).



Obrázek 37: Zkušební vzorek 5, materiál A. Stav po kroku 2 (prodloužení 200 mm).



Obrázek 38: Zkušební vzorek 1, materiál C. Stav po kroku 1 (prodloužení 100 mm).



Obrázek 39: Zkušební vzorek 1, materiál C. Stav po kroku 1 (prodloužení 100 mm).



Obrázek 40: Zkušební vzorek 1, materiál C. Stav po kroku 2 (prodloužení 200 mm).



Obrázek 41: Zkušební vzorek 1, materiál C. Stav po kroku 2 (prodloužení 200 mm).



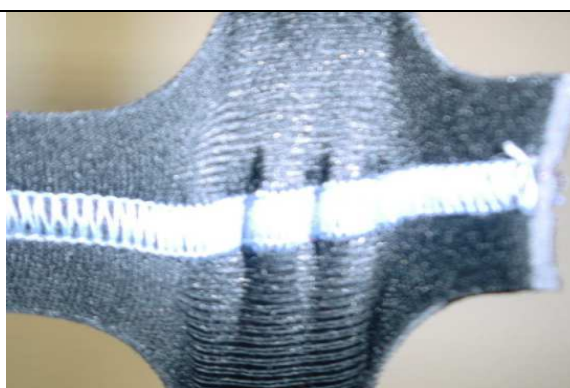
Obrázek 42: Zkušební vzorek 2, materiál C. Stav po kroku 1 (prodloužení 100 mm).



Obrázek 43: Zkušební vzorek 2, materiál C. Stav po kroku 1 (prodloužení 100 mm).



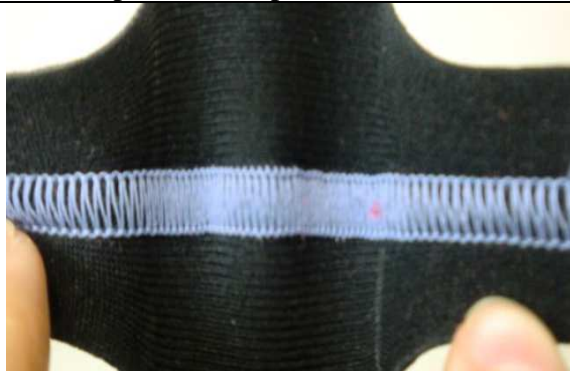
Obrázek 44: Zkušební vzorek 3, materiál C. Stav po kroku 1 (prodloužení 100 mm).



Obrázek 45: Zkušební vzorek 3, materiál C. Stav po kroku 2 (prodloužení 200 mm).



Obrázek 46: Zkušební vzorek 3, materiál C. Stav po kroku 2 (prodloužení 200 mm).



Obrázek 47: Zkušební vzorek 4, materiál C. Stav po kroku 1 (prodloužení 100 mm).



Obrázek 48: Zkušební vzorek 4, materiál C. Stav po kroku 1 (prodloužení 100 mm).



Obrázek 49: Zkušební vzorek 4, materiál C. Stav po kroku 2 (prodloužení 200 mm).



Obrázek 50: Zkušební vzorek 4, materiál C. Stav po kroku 2 (prodloužení 200 mm).



Obrázek 51: Zkušební vzorek 5, materiál C. Stav po kroku 1 (prodloužení 100 mm).



Obrázek 52: Zkušební vzorek 5, materiál C. Stav po kroku 1 (prodloužení 100 mm).



Obrázek 53: Zkušební vzorek 5, materiál C. Stav po kroku 1 (prodloužení 100 mm).



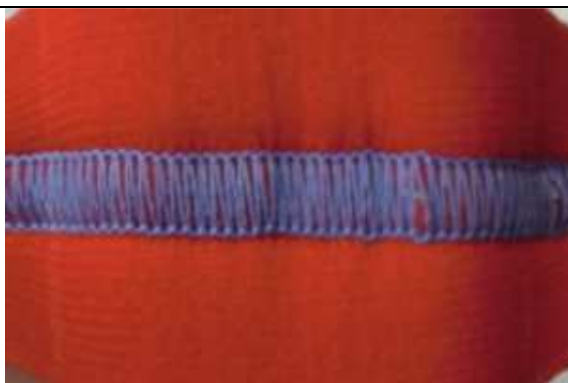
Obrázek 54: Zkušební vzorek 5, materiál C. Stav po kroku 2 (prodloužení 200 mm).



Obrázek 55: Zkušební vzorek 5, materiál C. Stav po kroku 2 (prodloužení 200 mm).









Obrázek 56: Zkušební vzorek 5, materiál C. Stav po kroku 2 (prodloužení 200 mm).

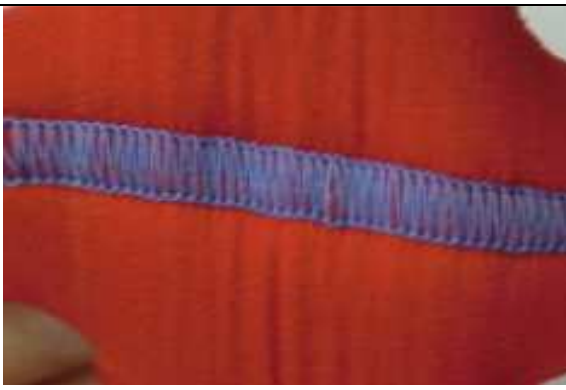
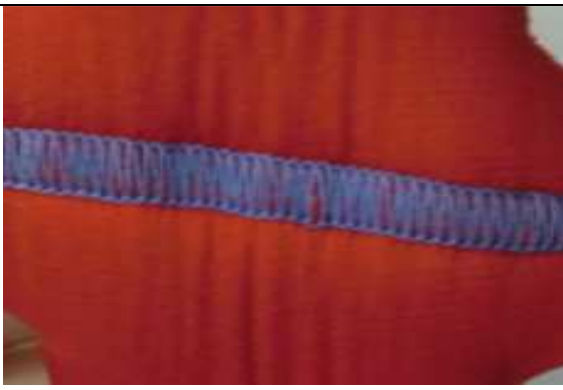
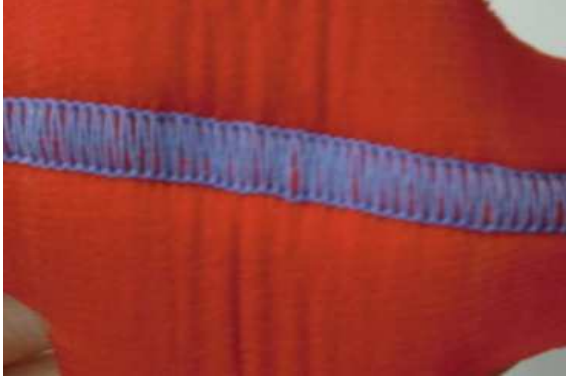


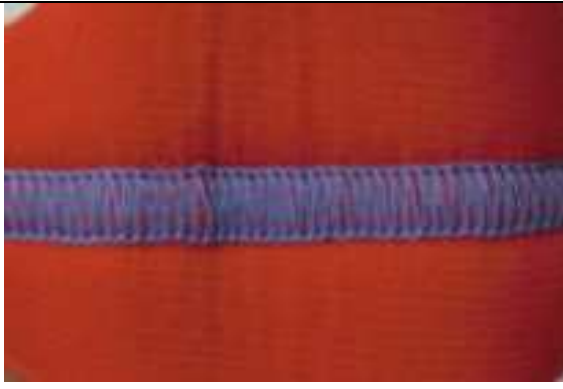


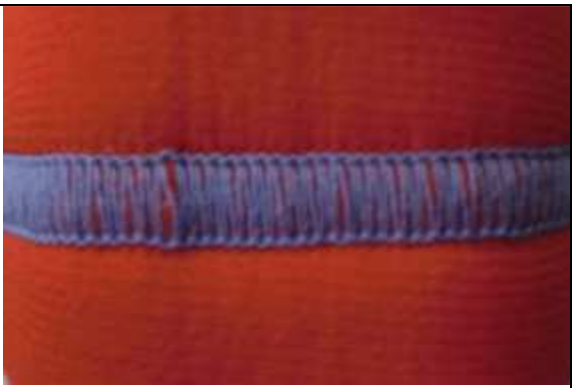



Obrázek 57: Zkušební vzorek 1, materiál B. Stav po kroku 1 (prodloužení 100 mm).

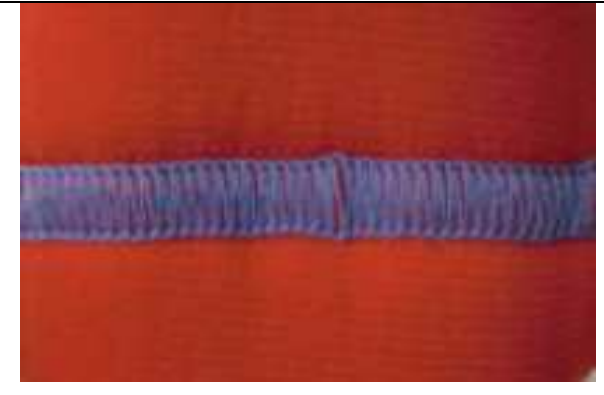
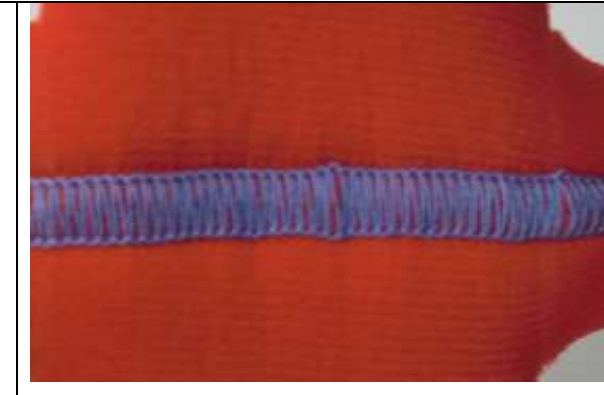


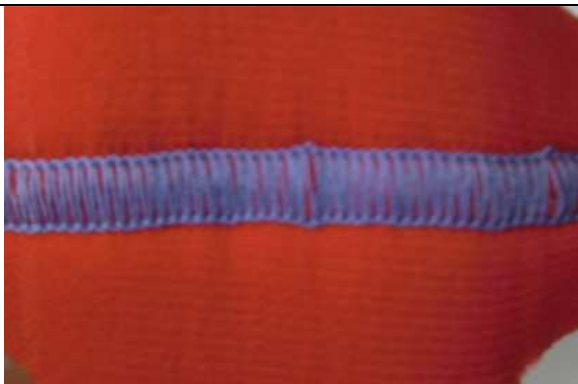


Obrázek 58: Zkušební vzorek 1, materiál B. Stav po kroku 1 (prodloužení 100 mm).

	
Obrázek 59: Zkušební vzorek 1, materiál B. Stav po kroku 2 (prodloužení 200 mm).	Obrázek 60: Zkušební vzorek 1, materiál B. Stav po kroku 2 (prodloužení 200 mm).
	
Obrázek 61: Zkušební vzorek 2, materiál B. Stav po kroku 1 (prodloužení 100 mm).	Obrázek 62: Zkušební vzorek 2, materiál B. Stav po kroku 1 (prodloužení 100 mm).
	
Obrázek 63: Zkušební vzorek 2, materiál B. Stav po kroku 2 (prodloužení 200 mm).	Obrázek 64: Zkušební vzorek 2, materiál B. Stav po kroku 2 (prodloužení 200 mm).

	
<p>Obrázek 65: Zkušební vzorek 3, materiál B. Stav po kroku 1 (prodloužení 100 mm).</p>	<p>Obrázek 66: Zkušební vzorek 3, materiál B. Stav po kroku 1 (prodloužení 100 mm).</p>
	
<p>Obrázek 67: Zkušební vzorek 3, materiál B. Stav po kroku 1 (prodloužení 100 mm).</p>	<p>Obrázek 68: Zkušební vzorek 3, materiál B. Stav po kroku 2 (prodloužení 200 mm).</p>
	
<p>Obrázek 69: Zkušební vzorek 3, materiál B. Stav po kroku 2 (prodloužení 200 mm).</p>	<p>Obrázek 70: Zkušební vzorek 4, materiál B. Stav po kroku 1 (prodloužení 100 mm).</p>

	
Obrázek 71: Zkušební vzorek 4, materiál B. Stav po kroku 1 (prodloužení 100 mm).	Obrázek 72: Zkušební vzorek 4, materiál B. Stav po kroku 2 (prodloužení 200 mm).
	
Obrázek 73: Zkušební vzorek 4, materiál B. Stav po kroku 2 (prodloužení 200 mm).	Obrázek 74: Zkušební vzorek 4, materiál B. Stav po kroku 2 (prodloužení 200 mm).

	
Obrázek 75: Zkušební vzorek 5, materiál B. Stav po kroku 1 (prodloužení 100 mm).	Obrázek 76: Zkušební vzorek 5, materiál B. Stav po kroku 1 (prodloužení 100 mm).

	
<p>Obrázek 77: Zkušební vzorek 5, materiál B. Stav po kroku 1 (prodloužení 100 mm).</p>	<p>Obrázek 78: Zkušební vzorek 5, materiál B. Stav po kroku 2 (prodloužení 200 mm).</p>
	
<p>Obrázek 79: Zkušební vzorek 5, materiál B. Stav po kroku 2 (prodloužení 200 mm).</p>	

Tabulka 1: Výsledky tahové zkoušky pro materiál A.

Zkouska c.	Síla po kroku 1 [N]	Taznost po kroku 1 [%]	Taznost po kroku 2 [%]	Síla po kroku 2 [N]
vzorek 1	13,770	100,001	200,001	28,870
vzorek 2	14,330	100,001	200,002	28,900
vzorek 3	14,780	100,000	200,003	29,430
vzorek 4	14,950	100,002	200,002	29,630
vzorek 5	15,150	100,003	200,002	30,630
Minimální hodnota	13,770	100,000	200,001	28,870
Průměrná hodnota	14,596	100,001	200,002	29,492
Maximální hodnota	15,150	100,003	200,003	30,630
Směrodatná odchylka	0,552	0,001	0,001	0,717
Variační koeficient	3,782	0,001	0,000	2,431

Tabulka 2: Výsledky tahové zkoušky pro materiál B.

Zkouska c.	Síla po kroku 1 [N]	Taznost po kroku 1 [%]	Taznost po kroku 2 [%]	Síla po kroku 2 [N]
vzorek 1	27,270	50,002	100,001	159,250
vzorek 2	27,790	50,002	100,002	159,360
vzorek 3	31,260	50,000	100,003	196,500
vzorek 4	27,150	50,003	100,002	170,330
vzorek 5	29,540	50,001	100,004	170,170
Minimální hodnota	27,150	50,000	100,001	159,250
Průměrná hodnota	28,602	50,002	100,002	171,122
Maximální hodnota	31,260	50,003	100,004	196,500
Směrodatná odchylka	1,767	0,001	0,001	15,206
Variační koeficient	6,177	0,002	0,001	8,886

Tabulka 3: Výsledky tahové zkoušky pro materiál C.

Zkouska c.	Sila po kroku 1 [N]	Taznost po kroku 1 [%]	Taznost po kroku 2 [%]	Sila po kroku 2 [N]
vzorek 1	34,380	100,001	200,003	241,030
vzorek 2	35,340	100,002	200,002	214,490
vzorek 3	31,520	100,002	200,002	218,030
vzorek 4	32,970	100,003	200,003	222,690
vzorek 5	37,950	100,002	200,003	240,690
Minimální hodnota	31,520	100,001	200,002	214,490
Průměrná hodnota	34,432	100,002	200,003	227,386
Maximální hodnota	37,950	100,003	200,003	241,030
Směrodatná odchylka	2,440	0,001	0,001	12,640
Variační koeficient	7,087	0,001	0,000	5,559